

Attorney Docket No. 15162/03780

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

#5
1
J1046 U.S. PTO
09/896873
06/29/01

In re
U.S. application of: Jun YAMADA, Masakazu OKADA, Kiyofumi
HASHIMOTO, and Mitsuyoshi MIYAI
For: LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT AND
METHOD OF PRODUCING THE SAME
U.S. Serial No.: To Be Assigned
Filed: Concurrently
Group Art Unit: To Be Assigned
Examiner: To Be Assigned

BOX PATENT APPLICATION
Assistant Director
for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

EXPRESS MAIL MAILING LABEL NO.: EL589918974US
DATE OF DEPOSIT: JUNE 29, 2001
I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the
United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee"
service under 37 C.F.R. § 1.10 on the dated indicated above and is
addressed to BOX PATENT APPLICATION, Assistant Director for
Patents, Washington, DC 20231.

Derrick T. Gordon

Name of Person Mailing Paper or Fee

Derrick T. Gordon
Signature

June 29, 2001
Date of Signature

CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS

Submitted herewith are certified copies of Japanese Patent
Application Nos. 2000-199023 filed June 30, 2000, 2000-236810
filed August 4, 2000, 2001-072054 filed March 14, 2001, and 2001-
072911, filed March 14, 2001.

Priority benefit under 35 U.S.C. § 119/365 for the Japanese
patent applications are claimed for the above-identified United
States patent application.

Respectfully submitted,

James W. Williams
James W. Williams
Registration No. 20,047
Attorney for Applicants

JWW/mhg
SIDLEY AUSTIN BROWN & WOOD
717 North Harwood
Suite 3400
Dallas, Texas 75201-6507
(214) 981-3328 (direct)
(214) 981-3300 (main)
June 29, 2001

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

#5
JC971 U.S. PTO
09/896873
06/29/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2001年 3月14日

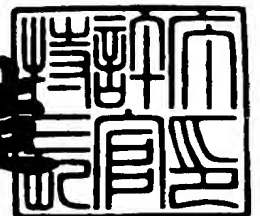
出願番号
Application Number: 特願2001-072911

出願人
Applicant(s): ミノルタ株式会社

2001年 3月30日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3025634

【書類名】 特許願

【整理番号】 TL03902

【提出日】 平成13年 3月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/1337

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 岡田 真和

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 橋本 清文

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 宮井 三嘉

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代表者】 太田 義勝

【代理人】

【識別番号】 100074125

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区西天満5丁目1番3号 南森町パークビル 谷川特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷川 昌夫

【電話番号】 06(6361)0887

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-236810

【出願日】 平成12年 8月 4日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001731

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716124

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶光変調素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子において

、
選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態であることを特徴とする液晶光変調素子。

【請求項 2】

選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがいずれも前記混在状態であり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で混在するポリドメインとモノドメインの割合が異なる請求項 1 記載の液晶光変調素子。

【請求項 3】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうちポリドメインの比率が高い方の液晶ドメインが素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインである請求項 2 記載の液晶光変調素子。

【請求項 4】

選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態であり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成される請求項 1 記載の液晶光変調素子。

【請求項 5】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうちポリドメインのみで構成される液晶ドメインが素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインである請求項 4 記載の液晶光変調素子。

【請求項 6】

前記一対の基板のうち少なくとも前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板の該

液晶ドメインに臨む側に液晶と接触する配向制御層が設けられており、選択反射状態での前記混在状態における液晶分子は該配向制御層により配向制御される請求項 1 から 5 のいずれかに記載の液晶光変調素子。

【請求項 7】

前記配向制御は前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層がラビングされていることによりなされる請求項 6 記載の液晶光変調素子。

【請求項 8】

前記ラビングされた配向制御層のラビング密度が 1 0 以下である請求項 7 記載の液晶光変調素子。

【請求項 9】

前記配向制御は前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層が所定の光の照射を受けていることによりなされる請求項 6 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 0】

前記配向制御は前記配向制御層への前記所定光の照射量により決定される請求項 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 1】

前記配向制御は前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度により決定される請求項 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 2】

前記配向制御は前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により決定される請求項 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 3】

前記所定光は紫外光である請求項 9 から 1 2 記載のいずれかに記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 4】

一対の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子において

選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なることを特徴とする液晶光変調素子。

【請求項 1 5】

選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が対向側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい請求項 1 4 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 6】

前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に液晶と接触する配向制御層がそれぞれ設けられており、選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は該配向制御層により制御される請求項 1 4 又は 1 5 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 7】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層がラビングされていることにより生じている請求項 1 6 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 8】

前記ラビングされた配向制御層のラビング密度が 1 0 以下である請求項 1 7 記載の液晶光変調素子。

【請求項 1 9】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層が所定の光の照射を受けていることにより生じている請求項 1 6 記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 0】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記配向制御層への前記所定光の照射量により制御される請求項 1 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 1】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度により制御される請求項 1 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 2】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により制御される請求項 1 9 記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 3】

前記所定光は紫外光である請求項 1 9 から 2 2 記載のいずれかに記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 4】

前記両基板に設けられている配向制御層は材料パラメータが互いに異なる請求項 1 6 記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 5】

選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度がいずれも 20° 以下である請求項 1 から 2 4 記載のいずれかに記載の液晶光変調素子。

【請求項 2 6】

それぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶光変調素子であり、該複数の液晶層のうち少なくとも一つの液晶層が、該液晶層を挟持する一对の基板とともに、請求項 1 から 6、請求項 9 から 1 6 及び請求項 1 9 から 2 5 のいずれかに記載の液晶光変調素子を構成している積層型液晶光変

調素子。

【請求項 2 7】

各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい請求項 2 6 記載の積層型液晶光変調素子。

【請求項 2 8】

各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい請求項 2 6 又は 2 7 記載の積層型液晶光変調素子。

【請求項 2 9】

それぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶光変調素子であり、該複数の液晶層のうち少なくとも一つの液晶層が、該液晶層を挟持する一对の基板とともに、請求項 7、8、1 7 又は 1 8 記載の液晶光変調素子を構成している積層型液晶光変調素子。

【請求項 3 0】

各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい請求項 2 9 記載の積層型液晶光変調素子。

【請求項 3 1】

各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態時の液晶光変調

素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態時の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい請求項 29 又は 30 記載の積層型液晶光変調素子。

【請求項 32】

各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の液晶光変調素子における前記ラビングされた配向制御層のラビング密度は、該配向制御層に対応する、素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における前記ラビングされた配向制御層のラビング密度よりも小さい請求項 30 又は 31 記載の積層型液晶光変調素子。

【請求項 33】

一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であり、

選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態になるように、前記一对の基板のうち少なくとも一方の基板を処理する基板処理工程と、

前記基板処理工程により少なくとも一方の基板が処理された前記一对の基板間に前記液晶層を挟持する工程と

を含むことを特徴とする液晶光変調素子の製造方法。

【請求項 34】

前記基板処理工程において、選択反射状態における前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインが前記混在状態になり、素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインのみで構成されるように、前記一对の基板を処理する請求項 33 記載の液晶光変調素子の製造方法。

【請求項 35】

前記基板処理工程は、前記一对の基板のうち少なくとも前記混在状態の液晶ド

メインに臨む基板の該液晶ドメインに臨む側に配向制御層を設ける工程と、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層をラビングするラビング処理工程とを含んでおり、前記ラビング処理工程ではラビングされる配向制御層のラビング密度を 1 0 以下にする請求項 3 3 又は 3 4 記載の液晶光変調素子の製造方法。

【請求項 3 6】

一対の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であり、

選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なるように、前記一対の基板を処理する基板処理工程と、

前記基板処理工程により処理された前記一対の基板間に前記液晶層を挟持する工程と

を含むことを特徴とする液晶光変調素子の製造方法。

【請求項 3 7】

前記基板処理工程において、選択反射状態における前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が対向側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きくなるように、前記一対の基板を処理する請求項 3 6 記載の液晶光変調素子の製造方法。

【請求項 3 8】

前記基板処理工程は、前記一対の基板の前記液晶層に臨む側に配向制御層をそれぞれ設ける工程と、前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層をラビングするラビング処理工程とを含んでおり、前記ラビング処理工程ではラビングされる配向制御層のラビング密度を 1 0 以下にする請求項 3 6 又は 3 7 記載の液晶光変調素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は液晶光変調素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

液晶光変調素子は、基本的に一对の基板間に液晶材料を含む液晶層を挟持している。この液晶層に所定の駆動電圧を印加するなどして該液晶層における液晶分子の配列を制御し、液晶光変調素子に入射される外光を変調して目的とする画像の表示等を行う。

【0003】

このような液晶光変調素子としては、コレステリック液晶を用いた液晶光変調素子が知られており、種々研究されている。

【0004】

コレステリック液晶はそれ自身がコレステリック相を示す液晶や、ネマティック液晶にカイラル剤を添加して得られるカイラルネマティック液晶を含む。

【0005】

かかるコレステリック液晶は液晶分子同士が螺旋構造を形成するという特徴を有しており、一对の基板間に挟持された上で、電界、磁界、温度等の外部刺激が該液晶に印加されるとプレーナ状態、フォーカルコニック状態、ホメオトロピック状態と呼ばれる3つの状態を示す。

【0006】

コレステリック液晶を用いた液晶光変調素子（例えば液晶表示素子）では、これら3つの状態は、それぞれ光透過性及び反射性が異なるため、3つの状態と外部刺激印加方法を適宜選択することにより表示を行うことができる。その表示例としては、ホメオトロピック状態とフォーカルコニック状態とを用いるコレステリック-ネマティック相転移モードの表示や、プレーナ状態とフォーカルコニック状態とを用いる双安定モードの表示などを挙げることができる。

【0007】

その中でも、双安定モードの表示はプレーナ状態とフォーカルコニック状態が外部刺激無印加状態でも安定であるという特徴、すなわち、外部刺激無印加時（例えば電圧無印加時）においても表示状態が維持されるという双安定性（メモリー特性）を有している。このことから、コレステリック液晶を用いた液晶光変調素子はメモリー性素子（表示状態が安定である表示素子）として近年盛んに研究されている。

【0008】

特に、プレーナ状態において可視域に選択反射特性を有するコレステリック液晶を用いた反射型液晶光変調素子はメモリー性を有し、且つ、明るい反射状態が得られることから、換言すれば偏光板、カラーフィルタを用いることなく明るい表示が可能であることから、低消費電力化に非常に有効な表示素子として、携帯情報機器の表示素子などの省電力表示素子への応用が期待されている。

【0009】

ここで双安定性とは、コレステリック液晶の螺旋軸が基板面に対し略垂直状態となり選択反射状態を示すプレーナ配列の状態（プレーナ状態）と、その液晶螺旋軸が基板面に対し略平行状態となり可視光を透過するフォーカル・コニック配列の状態（フォーカル・コニック状態）の2状態で安定であることをいう。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、コレステリック液晶の選択反射特性を利用する液晶表示素子は光干渉による反射方式を採用するため光の入射角度及び観察角度に応じて反射波長が短波長側にシフトするという問題を抱えている。

【0011】

この問題はプレーナ配列時におけるコレステリック液晶の螺旋軸が基板面に対して垂直に近いほど顕著である。特に、TN液晶素子やSTN液晶素子において、一对の基板として、一般的に用いられるポリイミド薄膜を成膜してラビング処理した基板を用いて液晶層を挟持した場合、コレステリック液晶の螺旋軸は基板面に対して完全乃至略完全に垂直となり視野角が非常に狭くなる。これにより、この液晶素子を表示素子として用いた場合には著しく視認性を低下させてしまう

。

【 0 0 1 2 】

また、ラビング処理したポリイミド薄膜のラビングによるポリイミド界面の規制力の上昇からフォーカルコニック状態の維持が困難となり、結果としてコレステリック液晶素子の特長である双安定性が失われてしまう場合がある。

【 0 0 1 3 】

この現象を回避するためにコレステリック液晶螺旋軸を基板法線に対して若干傾きを持たせる試みがなされている。その一つはコレステリック液晶中に高分子材料を分散させる P S C T (P o l y m e r S t a b i l i z e d C h o l e s t e r i c T e x t u r e) と呼ばれる手法であり、高分子-液晶界面での相互作用により螺旋軸の方向をランダムにする手法である（特表平 6 - 5 0 7 5 0 5 号公報参照）。しかし、この手法では液晶材料中に高分子を混入するため素子信頼性の低下や駆動電圧の上昇を招くことがある。

【 0 0 1 4 】

別の手法として、意図的にラビング処理を行わないポリイミド膜を液晶に臨む基板面に成膜し螺旋軸の角度を傾ける手法を挙げることができる。しかし、この手法では螺旋軸の傾き方向（基板への射影方向）が異なる領域（ドメイン）がランダムに形成されるためドメイン間の屈折率差に起因する入射光の散乱が生じ易く、選択反射時の表示色純度が低下してしまう。また、積層構造により多色化を試みた積層型液晶表示素子の場合には、下側層の反射光が上側層の光散乱の影響を受け易く、コントラスト、色純度ともに低下してしまう。

【 0 0 1 5 】

この無配向処理ポリイミド膜が形成された基板で液晶を挟持したコレステリック液晶素子の特性を改善するために、特開平 1 0 - 3 1 2 0 5 号公報では、観察側の基板に形成されたポリイミド膜と非観察側（観察側とは反対側）の基板に形成されたポリイミド膜でポリイミド膜の表面処理方法を異ならせ、すなわち非観察側基板のポリイミド膜のみにラビング処理を施し、観察側の液晶ドメインを無配向ランダムドメイン（ポリドメイン）とし、非観察側の液晶の螺旋軸を基板面に対し略完全な垂直にして非観察側の液晶ドメインを均一化（モノドメイン化）

する手法が提案されている。しかし、この手法では非観察側基板のポリイミド膜全域にラビング処理を施すため基板全体にわたって液晶ドメインがモノドメイン化し、結果的にフォーカル・コニック状態での安定性が低下し易く、コレステリック液晶素子の特長である双安定特性が低下してしまう。またプレーナ配列状態においてもランダムドメイン側の液晶の螺旋軸の傾きが徐々に失われ易く、長期双安定性に欠ける。いずれにしても、電圧無印加時において表示状態（コントラスト、色純度の高い良好な表示画像状態）を長期にわたって維持することが難しく、高コントラスト・高色純度の特性と双安定性との両立が困難である。

【 0 0 1 6 】

また、コレステリック液晶のフォーカル・コニック状態についてみると、フォーカル・コニック状態とは、液晶分子の螺旋軸が基板平面方向に向いている状態である。通常、液晶は複数の液晶分子領域（液晶ドメイン）に分かれている。フォーカル・コニック状態のとき、各液晶ドメイン内では液晶の螺旋軸の方向は同一乃至略同一であるが、図 2 1 に示すように、隣接する液晶ドメイン間では液晶分子の螺旋軸の方向 F が異なる。従って、液晶ドメイン間の界面で屈折率差により液晶素子に入射した光が微小ながら散乱してしまう。特に、螺旋ピッチが小さい場合（さらに言えば螺旋ピッチがプレーナ状態で可視域に選択反射を示す程度に小さい場合）には原理的に液晶ドメインも小さくなり、素子内での光散乱が大きくなってしまい、表示素子に応用した場合にはコントラストが低下してしまうという問題が生じる。

【 0 0 1 7 】

また、複数の液晶層を積層した素子（積層型液晶素子）、例えば選択反射波長が互いに異なる複数の液晶層を積層することにより 2 色以上のカラー表示（例えばフルカラー表示）が可能な積層型液晶光変調素子が得られることが知られている。このような積層構造の素子の場合には、液晶層間での多重散乱等により、前記ドメイン間散乱による影響が特に大きくなり、コントラストが悪化しやすくなる。

【 0 0 1 8 】

そこで本発明は、一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視

波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子を提供することを課題とする。

【0019】

また本発明は、それぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶表示素子であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる積層型液晶光変調素子を提供することを課題とする。

【0020】

また本発明は、一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子を得ることができる液晶光変調素子の製造方法を提供することを課題とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】

本発明者は前記課題を解決するため研究を重ね、次のことを見出した。

【0022】

すなわち、一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子においては、選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインをポリドメインとモノドメインの混在状態にすると、或いは選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインをいずれもポリドメイン構造にし、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度を異なせると、素子観察側正面へ反射光を集めることができ、明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像表示を行える。さらに外部刺激無印加時（例えば電圧無印加時）において表示状態（明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像状態）を長期にわたって維持することができることを見出した。

【 0 0 2 3 】

ここで「ポリドメイン」は、液晶の選択反射状態において液晶の螺旋軸が基板法線から若干傾き、且つ、該螺旋軸の基板への射影方向がランダムに異なっている領域であり、「モノドメイン」は、液晶の螺旋軸が基板面に対し垂直乃至略垂直に均一化している領域である。

【 0 0 2 4 】

本発明はかかる知見に基づくものであり、前記課題を解決するために次の第1及び第2の液晶光変調素子を提供する。

(1) 第1の液晶光変調素子

一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子において

選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態であることを特徴とする液晶光変調素子。

(2) 第2の液晶光変調素子

一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子において

選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なることを特徴とする液晶光変調素子。

【 0 0 2 5 】

かかる第1、第2の液晶光変調素子のいずれにおいても、一对の基板のうち少なくとも一方は、通常透明基板とされ、また、素子観察側の基板は、通常透明基板とされる。

【 0 0 2 6 】

本発明にいう「ポリドメイン」とは、液晶の選択反射状態において液晶の螺旋

軸が基板法線から若干傾き、且つ、該螺旋軸の基板への射影方向がランダムに異なっている領域をいい、「モノドメイン」とは、液晶の螺旋軸が基板面に対し垂直乃至略垂直に均一化している領域をいう。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子によると、第 1 の液晶光変調素子では、選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態であるので、また、第 2 の液晶光変調素子では、選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸と基板法線とのなす角度が異なる（すなわち、一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインの螺旋軸と基板法線とのなす角が他方の基板近傍の画素領域におけるそれより小さい）ので、明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像を表示できるとともに、例えば電圧無印加時において表示状態（明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像状態）を長期にわたって維持することができる。換言すれば、プレーナ状態での高い反射強度・高コントラスト・高色純度の特性と双安定性とを両立させることができる。

【 0 0 2 8 】

本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子において、一对の基板には必要に応じてそれぞれ電極（例えば画素電極）が形成されていてもよい。

【 0 0 2 9 】

本発明に係る第 1 の液晶光変調素子では、選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがいずれも前記混在状態であってもよいし、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態であり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成されてもよい。

【 0 0 3 0 】

選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがい

ずれも前記混在状態である場合、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で混在するポリドメインとモノドメインの割合が異なることが好ましい。また、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうちポリドメインの比率が高い方の液晶ドメインが素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインであれば、さらに好ましい。

【 0 0 3 1 】

選択反射状態において、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態であり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成される場合、そのポリドメインのみで構成される液晶ドメインが素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインであることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

いずれにしても、本発明に係る第 1 の液晶光変調素子では、前記一对の基板のうち少なくとも前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板の該液晶ドメインに臨む側に液晶と接触する配向制御層が設けられていて、前記混在状態における液晶分子は該配向制御層により配向制御されてもよい。この配向制御として、次の（a）及び（b）の場合を例示できる。すなわち、

（a）該配向制御は、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層がラビングされていることによりなされる場合。この場合、ラビングされた配向制御層のラビング密度が 1 0 以下であることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記混在状態を実現してもよい。

【 0 0 3 3 】

なお、ラビングは、その方向には特に限定はなくどの方向に向けて行ってもよい。例えば、基板上に帯状の電極が設けられている場合はこの電極方向に沿う方向でもよいし、電極方向に交わる方向でもよい。ただし、配向制御層全体をラビングする場合、ラビング方向を一つの方向にするようにする。

（b）該配向制御は、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層が所定の光の照射を受けていることによりなされる場合。この場合、前記配向制御は、前記配向制御層への前記所定光の照射量により決定されてもよ

いし、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度により決定されてもよいし、また前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により決定されてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光を照射することにより前記混在状態を実現してもよい。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【0034】

モノドメインとポリドメインとが混在する場合、液晶螺旋軸の基板に対する角度としては、平均値でゼロより大きく 10° 以下が好ましく、より好ましくは 3° 以上 8° 以下を例示できる。

【0035】

本発明に係る第2の液晶光変調素子では、選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が対向側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きいことが好ましい。

【0036】

いずれにしても、本発明に係る第2の液晶光変調素子では、前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に液晶と接触する配向制御層がそれぞれ設けられていて、選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は該配向制御層により制御されてもよい。この配向制御層による制御によって前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度に大小が生じる。その角度の大小が生じる例として、次の(c)及び(d)の場合を例示できる。すなわち、

(c) 前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層がラビングされていることにより生じる場合。この場合、ラビングされた配向制御層のラビング密度が 10 以下であることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記角度の大小を生じさせてもよい。いずれの場合も、配向膜

材料やラビング条件によっては配向制御層がモノドメイン化せず、全体として元の状態よりも螺旋軸の傾きの小さくなったポリドメインが得られる。

(d) 前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層が所定の光の照射を受けていることにより生じる場合。この場合の前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間において液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度の大小は、前記配向制御層への前記所定光の照射量により制御されてもよいし、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度により制御されてもよいし、また前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により制御されてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光を照射することにより前記角度の大小を生じさせてもよい。いずれの場合も、配向膜材料や光照射条件によっては配向制御層がモノドメイン化せず、全体として元の状態よりも螺旋軸の傾きの小さくなったポリドメインが得られる。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【 0 0 3 7 】

前記(c)、(d)の場合、配向制御層のラビング処理や光照射処理を受けた領域における液晶分子の螺旋軸の傾きが他の領域のそれよりも、垂直にはならないものの小さくなることにより、全体として液晶分子の螺旋軸の平均傾きが処理前のものより小さくなるものと考えられる。

【 0 0 3 8 】

本発明に係る第2の液晶光変調素子において、前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に液晶と接触する配向制御層がそれぞれ設けられていて、選択反射状態において前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は該配向制御層により制御されるという場合、前記両基板に設けられている配向制御層は材料パラメータが互いに異なってもよい。この場合、前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、前記両基板に設けられている、材料パラメータが互いに異なる各配向制御層により制御される。この各配向制御層に用いる材料として、各配向制御層で材料パラメータが異なるように、例えば、

各配向制御層で異なった種類の材料を用いることができる。前記材料パラメータとしては、それには限定されないが、例えばプレチルト角を挙げることができる。また、後述するように、配向制御層の材料を部分的に異ならせることにより、前記角度を制御するようにしてもよい。

【0039】

本発明に係る第1及び第2の液晶光変調素子のいずれにおいても、選択反射状態においては、前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度がいずれも平均で 20° 以下、より好ましくは全ての液晶ドメインについて 20° 以下であることが望ましい。この角度が 20° より大きくなってくると、前記の双安定性が悪化してくる。

【0040】

ところで、本発明者の研究によると、一对の基板間に液晶層を挟持し該液晶層に含まれる液晶分子のフォーカルコニック状態を利用して光変調を行う液晶光変調素子においては、フォーカルコニック状態におけるコレステリック液晶分子の螺旋軸の方向を揃えることにより、ドメイン間の散乱が著しく低下することが判明している。

【0041】

すなわち、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向が基板面と略平行な面内で規則的に配列すると、フォーカルコニック状態における液晶層の光透過率が著しく向上し、コントラストを向上させることができる。

【0042】

そこで、本発明に係る第1及び第2の液晶光変調素子において、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向が基板面と略平行な面内で規則的に配列されるようにしてもよい。こうすることでフォーカルコニック状態におけるコレステリック液晶分子の螺旋軸の方向が揃えられ、素子内での光散乱が低下する。これにより、フォーカルコニック状態における液晶層の光透過率が向上し、コントラストを向上させることができる。

【0043】

この場合、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を基板面と略

平行な面内で規則的に配列させるために、液晶素子内に液晶分子の配列規制手段を設けてもよい。

【 0 0 4 4 】

この配列規制手段としては、少なくとも一方の基板の液晶と接する面上に、部分的に設けられた配向規制力が異なる領域を採用することができる。この領域によって、液晶の螺旋軸の方向を規則的に配列させることができる。このように配向規制力の異なる領域を設けると、液晶分子がフォーカルコニック状態に遷移する過程において、表面規制力の違いによる螺旋軸の方向付けがなされるため、液晶の螺旋軸の方向を規則的に配列させることができる。

【 0 0 4 5 】

前記配向規制力が異なる領域は、ラビングを施したり光照射を行ったりすることにより形成できる。部分的にラビングを施す手法、部分的に光照射を行う手法、部分的に異なる材料を用いる手法等により形成することもできる。

【 0 0 4 6 】

以上の全面的又は部分的にラビングを施す手法及び全面的又は部分的に光照射を行う手法は、本発明の第 1 の液晶光変調素子において、前記配向制御層が設けられている場合、選択反射状態時における前記液晶層の前記混在状態における液晶分子が該配向制御層により配向制御される場合において行われる手法と同様のものでもよい。また、全面的又は部分的にラビングを施す手法、全面的又は部分的に光照射を行う手法及び部分的に異なる材料を用いる手法は、本発明の第 2 の液晶光変調素子において、前記配向制御層が設けられている場合、選択反射状態時における前記液晶層の前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレスティック螺旋軸の基板法線となす角度が該配向制御層により制御される場合において行われる手法と同様のものでもよい。

【 0 0 4 7 】

このため、第 1 の液晶光変調素子においては、モノドメインとポリドメインの混在状態を得ると同時に、散乱の少ないフォーカルコニック状態をも実現することができる。また、第 2 の液晶光変調素子においても、部分ラビング処理、部分光配向処理、又は部分的に材料を異ならせることによって螺旋軸の傾きが他方の

基板とは異ならしめられている場合は、光散乱の少ないフォーカルコニック状態をも実現することができる。

【 0 0 4 8 】

さらに言うと、第 1 の液晶光変調素子は、モノドメインとポリドメインを生じさせるような配向規制力の異なる領域を有しているため、この領域によって、液晶分子がフォーカルコニック状態に遷移する過程において、表面規制力の違いによる螺旋軸の方向付けがなされて、液晶の螺旋軸の方向を規則的に配列させることができ、フォーカルコニック状態の散乱を低減させるものと考えられる。また、第 2 の液晶光変調素子においても、部分ラビング処理、部分光配向処理、部分的異種材料などによって、完全なモノドメイン領域は得られないにしても、微小な領域毎に螺旋軸の傾きが他の領域と異なるため、やはり、液晶分子がフォーカルコニック状態に遷移する過程において、表面規制力の違いによる螺旋軸の方向付けがなされて、液晶の螺旋軸の方向を規則的に配列させることができ、フォーカルコニック状態の散乱を低減させることができるものと考えられる。

【 0 0 4 9 】

前記配向規制力が異なる領域の幅を W 、液晶の螺旋ピッチを p としたとき、幅 W と螺旋ピッチ p は以下の関係に設定することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

$$p < W < 2.0 p$$

前記配向規制力が異なる領域の配列ピッチを L 、液晶の螺旋ピッチを p としたとき、配列ピッチ L と螺旋ピッチ p は以下の関係に設定することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

$$5 p < L < 10.0 p$$

前記配向規制力の異なる領域の幅 W や配列ピッチ L を前記範囲内とすることにより、液晶分子に対して良好な規制力を保つとともに、素子製造工程の複雑化を防止することができる。

【 0 0 5 2 】

前記配向規制力が異なる領域の配列ピッチは、前記範囲内で非一様であってもよい。配向規制力が異なる領域の配列ピッチを非一様とすることで、光回折現象

による視認性の低下を防止することができる。

【 0 0 5 3 】

いずれにしても、前記画素領域に複数の画素が設けられていてもよい。この場合、前記配向規制力が異なる領域の配置方向が該複数の画素の画素配列方向とは異なってもよく、前記配向規制力が異なる領域の配置方向が互いに異なる複数の領域を有するようにしてもよい。このようにすることで、光入射方向によって視認性が変化することがなく、一様な光透過特性が得られる。

【 0 0 5 4 】

本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子において、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を基板面と略平行な面内で規則的に配列させる場合には、室温でコレステリック相を示す液晶材料として、正の誘電異方性を有するものを用いるとよい。

【 0 0 5 5 】

本発明はまた、次の積層型液晶光変調素子も提供する。すなわち、

(3) 積層型液晶光変調素子

それぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶光変調素子であって、該複数の液晶層のうち少なくとも一つの液晶層が、該液晶層を挟持する一对の基板とともに、前記の液晶光変調素子を構成している積層型液晶光変調素子。

【 0 0 5 6 】

この積層型液晶光変調素子においては、複数の液晶層として、互いに異なる色表示を行う、換言すれば選択反射のピーク波長が互いに異なる液晶層を用いることで、多色表示（すなわち 2 色以上のカラー表示）を行うことができる。なお、青色表示を行う液晶層、緑色表示を行う液晶層、赤色表示を行う液晶層の少なくとも三つの液晶層を採用するとフルカラー表示を行うことができる。また、互いに旋光方向の異なる少なくとも 2 つの液晶層を含んでいてもよく、この場合は光の利用効率を高くすることができる。互いに旋光方向の異なる各液晶層の選択反射のピーク波長が実質的に同一であってもよく、この場合は液晶層からの光反射率を高くすることができる。

【 0 0 5 7 】

いずれにしても、かかる積層型液晶光変調素子としては、本発明に係る液晶光変調素子を少なくとも1つ含む（全部がそうでもよい）複数の液晶光変調素子を積層した積層型液晶光変調素子を例示できる。この場合、隣り合う液晶光変調素子において、その両者間の基板を共通にしてもよい。

【 0 0 5 8 】

本発明に係る積層型液晶光変調素子のいずれにおいても、好ましい態様として次の場合を例示できる。すなわち、

（e）各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態における液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい場合。

（f）各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の選択反射状態の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側とは反対側の選択反射状態の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい場合。

（g）前記（e）及び（f）を組み合わせる場合。

【 0 0 5 9 】

いずれにしても、積層型液晶光変調素子の各液晶光変調素子において、前記ポリドメイン及びモノドメインの混在状態の液晶ドメインに臨む基板に前記配向制御層が設けられていて、該配向制御層がラビングされている場合、各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の液晶光変調素子における前記ラビングされた配向制御層のラビング密度は、該配向制御層に対応する素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における前記ラビングされた配向制御層のラビング密度よりも小さければ、さらに好ましい。

【 0 0 6 0 】

本発明に係る積層型液晶光変調素子において、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向が基板面と略平行な面内で規則的に配列される液晶層を含んでいてもよい。この場合、少なくとも最表面側（素子観察側）の液晶層を、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向が基板面と略平行な面内で規則的に配列される液晶層としてもよい。いずれにしても、複数の液晶層を積層したことによる散乱成分の増加によるフォーカルコニック状態における光透過率の上昇を効果的に抑制することができる。

【 0 0 6 1 】

本発明は、前記説明した本発明に係る液晶光変調素子を作製することができる次の第 1 及び第 2 の液晶光変調素子の製造方法も提供する。第 1 及び第 2 のいずれの製造方法及び該方法により作製される液晶光変調素子に関しても、前記第 1 及び第 2 の液晶光変調素子に関して述べたことと同様のことが言える。

(4) 第 1 の液晶光変調素子の製造方法

一对の基板（通常は少なくとも一方が透明な一对の基板）間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であり、

選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態になるように、前記一对の基板のうち少なくとも一方の基板を処理する基板処理工程と、

前記基板処理工程により少なくとも一方の基板が処理された前記一对の基板間に前記液晶層を挟持する工程と

を含むことを特徴とする液晶光変調素子の製造方法。

(5) 第 2 の液晶光変調素子の製造方法

一对の基板（通常は少なくとも一方が透明な一对の基板）間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であり、

選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域にお

ける各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なるように、前記一对の基板を処理する基板処理工程と、

前記基板処理工程により処理された前記一对の基板間に前記液晶層を挟持する工程と

を含むことを特徴とする液晶光変調素子の製造方法。

【 0 0 6 2 】

本発明に係る第 1 の液晶光変調素子の製造方法では、前記基板処理工程において、選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態になるように、前記一对の基板のうち少なくとも一方の基板を処理し、この基板処理工程により少なくとも一方の基板が処理された前記一对の基板間に前記液晶層を挟持する。かくして本発明に係る第 1 の液晶光変調素子を製造することができる。

【 0 0 6 3 】

本発明に係る第 2 の液晶光変調素子の製造方法では、前記基板処理工程において、選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なるように、前記一对の基板を処理し、この基板処理工程により処理された前記一对の基板間に前記液晶層を挟持する。かくして本発明に係る第 2 の液晶光変調素子を製造することができる。

【 0 0 6 4 】

本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子の製造方法によると、第 1 の液晶光変調素子の製造方法では、選択反射状態における前記液晶層の、前記両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態である本発明に係る第 1 の液晶光変調素子を製造できるので、また、第 2 の液晶光変調素子の製造方法では、選択反射状態における前記液晶層の前記両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶

ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なる本発明に係る第2の液晶光変調素子を製造できるので、明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像を表示できるとともに、例えば電圧無印加時において表示状態（明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像状態）を長期にわたって維持することができる液晶光変調素子を得ることができる。換言すれば、高反射強度・高コントラスト・高色純度の特性と双安定性とを両立させることができる液晶光変調素子を得ることができる。

【 0 0 6 5 】

本発明に係る第1の液晶光変調素子の製造方法では、前記基板処理工程において、選択反射状態における前記両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがいずれも前記混在状態になるように、前記一对の基板を処理してもよいし、選択反射状態における前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態になり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成されるように、前記一对の基板を処理してもよい。

【 0 0 6 6 】

前記両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがいずれも前記混在状態になるように処理する場合、該両基板近傍の画素領域における液晶ドメイン間で、混在するポリドメインとモノドメインの割合が異なるように処理することが好ましい。さらに好ましくは、素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインの比率が高い方の液晶ドメインになるように処理してもよい。

【 0 0 6 7 】

前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態になり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成されるように処理する場合、前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインが前記混在状態になり、素子観察側の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインのみで構成されるように処理してもよい。

【 0 0 6 8 】

本発明の第 1 の液晶光変調素子の製造方法のいずれにおいても、前記基板処理工程は、前記一对の基板のうち少なくとも前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板の該液晶ドメインに臨む側に配向制御層を設ける工程と、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層をラビングするラビング処理工程とを含んでいてもよい。この場合、前記ラビング処理工程ではラビングされる配向制御層のラビング密度を 1 0 以下にすることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記混在状態を実現する素子を得るようにしてもよい。

【 0 0 6 9 】

また、前記基板処理工程は、前記一对の基板のうち少なくとも前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板の該液晶ドメインに臨む側に配向制御層を設ける工程と、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板に設けられている配向制御層に配向制御のための所定の光を照射する光照射工程とを含んでいてもよい。この場合、前記光照射工程では、前記配向制御層への前記所定光の照射量を変化させてもよいし、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度を変化させてもよいし、また前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度を変化させてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光を照射することにより前記混在状態を実現する素子を得るようにしてもよい。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【 0 0 7 0 】

かかる基板処理工程においては、処理の条件により（例えば、前記ラビング処理工程を含む場合ではラビングの程度により、前記光照射工程を含む場合では光照射量、光照射時の基板温度、光照射時の基板面に対する光照射角度の程度により）、得られる液晶光変調素子の視野角の制御が可能である。

【 0 0 7 1 】

本発明に係る第 2 の液晶光変調素子の製造方法では、前記基板処理工程において、選択反射状態時における前記両基板近傍の画素領域における液晶ドメインのうち素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリ

ック螺旋軸の基板法線となす角度が、対向側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きくなるように、前記一对の基板を処理してもよい。

【0072】

本発明に係る第2の液晶光変調素子の製造方法のいずれにおいても、前記基板処理工程は、前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に配向制御層をそれぞれ設ける工程と、前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層をラビングするラビング処理工程とを含んでいてもよい。この場合、前記ラビング処理工程ではラビングされる配向制御層のラビング密度を10以下にすることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記混在状態を実現する素子を得るようにしてもよい。

【0073】

また、前記基板処理工程は、前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に配向制御層をそれぞれ設ける工程と、前記両基板に設けられている配向制御層のうちの少なくとも一方の配向制御層に所定の光を照射する光照射工程とを含んでいてもよい。この場合、前記光照射工程では、前記配向制御層への前記所定光の照射量を変化させてもよいし、前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度を変化させてもよいし、また前記配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度を変化させてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光を照射することにより前記混在状態を実現する素子を得るようにしてもよい。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【0074】

また、前記基板処理工程は、前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に、材料パラメータが互いに異なるように、配向制御層をそれぞれ設ける工程を含んでいてもよい。この場合、配向制御層に用いる材料として、各配向制御層で材料パラメータが異なるように、例えば、各配向制御層で異なった種類の材料を用いることができる。この材料パラメータとしては、それには限定されないが、例えばプレ

チルト角を挙げることができる。また、配向制御層の材料を部分的に異ならせることにより、前記角度を制御するようにしてもよい。

【 0 0 7 5 】

かかる基板処理工程においては、処理の条件により（例えば、前記ラビング処理工程を含む場合ではラビングの程度により、前記光照射工程を含む場合では光照射量、光照射時の基板温度、光照射時の基板面に対する光照射角度の程度により、或いは材料パラメータが互いに異なるように各配向制御層を設ける工程を含む場合では、配向制御層に用いる材料の選択により）、得られる液晶光変調素子の視野角の制御が可能である。

【 0 0 7 6 】

いずれにしても、本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子の製造方法では、前記基板処理工程において、選択反射状態での前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度をいずれも平均で 20° 以下、より好ましくは全ての液晶のドメインについて 20° 以下することが望ましい。

【 0 0 7 7 】

本発明に係る第 1 及び第 2 の液晶光変調素子の製造方法はまた、少なくとも一方の基板の液晶と接する面上に、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を規則的に配列させるための、部分的に配向規制力が異なる領域を設ける工程と、少なくとも一方に部分的に配向規制力が異なる領域を設けた一对の基板間に液晶層を挟持させる工程とを含んでいてもよい。

【 0 0 7 8 】

この製造方法では、前記配向規制力が異なる領域を形成するにあたって、その形状・位置・配列ピッチ・配列方向等を任意に形成することができる。従って、液晶の配列規制の制御を行いやすい。また、液晶の配列規制のために別の部材を設けるための工程が不要である。

【 0 0 7 9 】

前記部分的に配向規制力が異なる領域を設ける工程では、全面的又は部分的にラビングを施すことによって前記領域を形成してもよいし、全面的又は部分的に

光照射を行うことによって前記領域を形成してもよい。いずれにしても、前記部分的に配向規制力が異なる領域を設ける工程は、部分的に開口が設けられたマスク層を基板上に配置する工程と、該マスク層を除去する工程とを含んでいてもよい。

【0080】

前記部分的に配向規制力が異なる領域を設ける工程において、部分的に材料種の異なる配向膜を形成することによって、配向規制力の異なる領域を形成するようにしてもよい。

【0081】

以上の全面的又は部分的にラビングを施す手法及び全面的又は部分的に光照射を行う手法は、本発明の第1及び第2の液晶光変調素子の製造方法におけるラビング処理工程において行われる手法を利用できる。また、部分的に異なる材料を用いる手法は本発明の第2の液晶光変調素子の製造方法における前記一对の基板の前記液晶層に臨む側に、材料パラメータが互いに異なるように、配向制御層をそれぞれ設ける工程において行われる手法を利用できる。

【0082】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0083】

本発明に係る液晶光変調素子（ここでは液晶表示素子）は例えば次の構造に形成することができる。

【0084】

図1は本発明に係る液晶光変調素子の1例の概略断面図である。

【0085】

図1に示す液晶光変調素子は、一对の基板1、2間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料6を含む液晶層10が挟持されている。両基板1、2間には該両基板の間隔を保持するためのスペース保持材としての樹脂構造物4及びスペーサ5が配置されている。樹脂構造物4は両基板の結合にも寄与している。

【 0 0 8 6 】

また、素子観察側 P（光を入射させる側）とは反対側の基板の外面（裏面）には、必要に応じて、可視光吸収層が設けられる。図 1 の例では基板 2 の外面（裏面）に可視光吸収層 3 が設けられている。例えば、基板 2 として黒色基板を用いるなどして、基板自体に光吸収機能を持たせるようにしてもよい。

【 0 0 8 7 】

S はシール材であり、液晶材料 6 を基板 1、2 間に封入するためのものである。

【 0 0 8 8 】

図 1 に示す液晶光変調素子では、所定の電圧印加により液晶 6 をプレーナ状態（選択反射状態）とフォーカル・コニック状態に切り替えて表示を行う。

【 0 0 8 9 】

基板 1、2 は、少なくとも一方が透光性を有している基板とする。透光性を有する基板としては、ガラス基板を例示できる。このガラス基板の他、例えばポリカーボネート、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリエチレンテレフタレート等のフレキシブル基板等が使用可能である。また、本発明に係る液晶光変調素子を反射型液晶光変調素子として用いる場合は、一方の基板は透明である必要はない、換言すれば両方とも透明である必要はない。ここでは、基板 1、2 はいずれも透光性を有している。

【 0 0 9 0 】

図 1 に示す液晶光変調素子だけでなく、本発明の液晶光変調素子において、一對の基板には必要に応じてそれぞれ電極を形成することができる。

【 0 0 9 1 】

電極としては、例えば、ITO（Indium Tin Oxide：インジウム錫酸化物）に代表される透明導電膜やアルミニウム、シリコン等の金属電極、或いはアモルファスシリコン、BSO（Bismuth Silicon Oxide）等の光導電性膜などを用いることができる。かかる電極は液晶光変調素子層挟持用の基板に所望のパターン形状で設けられ、液晶表示素子制御用の電極として使用される。電極のパターン形状としては、互いに平行に形成された複数の帯状パターンを例示できる。この帯

状パターンの電極が形成された一对の基板は、これらの電極が互いに交差するように向かい合わされる。すなわち本発明の液晶光変調素子においては、単純マトリクス型の電極構造が使用可能である。さらに複数の画素電極とそれに接続される薄膜トランジスタを含むアクティブマトリクス型の電極構造も使用可能である。

【 0 0 9 2 】

また、これら電極材を液晶光変調素子層挟持用の基板に配する以外に電極自身を基板材として用いることも可能である。

【 0 0 9 3 】

図 2 に図 1 に示す液晶光変調素子の画素パターンの概略平面図を示す。

【 0 0 9 4 】

図 1 の液晶光変調素子においては、既述のとおり、基板 1、2 は透光性を有する透明基板であり、透明基板 1、2 のそれぞれの表面に、互いに平行な複数の帯状に形成された透明電極 1 1、1 2 が設けられている。これらの透明電極 1 1、1 2 は互いに交差するように向かい合わされており、電極 1 1、1 2 が重なり合う領域が画素領域 X となる（図 2 参照）。

【 0 0 9 5 】

図 1 に示す液晶光変調素子を含め、本発明の液晶光変調素子はガスバリア層、絶縁層として液晶光変調素子の信頼性を向上させる機能を有する絶縁膜が形成されていてもよい。この絶縁膜としては、任意の有機系材料、無機系材料からなる膜を例示できる。ここでは電極 1 1、1 2 上に絶縁膜 7 がそれぞれ設けられている。

【 0 0 9 6 】

液晶材料 6 だけでなく、本発明に係る液晶光変調素子に用いることができる液晶材料としては、一对の基板（例えば一对の電極付基板）間に挟持した状態でコレステリック相を示すものを例示できる。例えば、コレステロール環を有するコレステリック液晶を挙げることができる。この他、ネマティック液晶に光学活性基を有するネマティック液晶、コレステリック液晶若しくはネマティック液晶にカイラル剤を添加したカイラルネマティック液晶も使用可能である。これらの材

料（ネマティック液晶、コレステリック液晶、カイラル剤）は単一のものでもよいし、単一のネマティック液晶、コレステリック液晶、カイラル剤に限らず各 2 種類以上の混合材料でもよい。

【0097】

可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶としては、単体で螺旋ピッチが可視波長域の光を反射するに有効なコレステリック液晶を例示できる。この他、ネマティック液晶材料に適量光学活性基を有する材料を混合し螺旋ピッチを調整したものを用いることができる。可視波長域をいずれの波長範囲に設定するかについては、可視波長域の考え方には一般に多少のバラツキがあり、その設定には多少のバラツキが生じることがあるが、一般的に可視波長域と認められている範囲であればよく、本実施形態及び後述する実験例では、可視波長域を 400 nm から 700 nm の範囲としている。また、コレステリック選択反射型液晶光変調素子は、選択反射波長領域よりも短い波長領域に散乱成分を含むため、散乱成分を吸収し、色純度を向上させるために、液晶材料に選択反射波長領域よりも短い波長領域の光を吸収する色素を添加してもよい。

【0098】

図 3 に図 1 に示す液晶光変調素子の選択反射状態時における液晶層 10 の両基板 1、2 に臨む基板近傍の画素領域 X における各液晶ドメインの例を示す。なお、図 3 において絶縁膜 7 等は図示を省略してある。

【0099】

図 1 に示す液晶光変調素子は、選択反射状態時における液晶層 10 の両基板 1、2 に臨む基板近傍の画素領域 X における各液晶ドメインが次のいずれかの状態になるように形成する。すなわち、

(1) 選択反射状態時における液晶層 10 の、両基板 1、2 に臨む基板近傍 1 a、2 a のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域 X における液晶ドメインはポリドメインとモノドメインの混在状態である場合（図 3（A）参照）。

(2) 選択反射状態時における液晶層 10 の両基板 1、2 に臨む基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における液晶ドメイン間で液晶 6 のコレステ

リック螺旋軸 6 1、6 2 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ が異なる場合（図 3（B）参照）。

【0 1 0 0】

ここで「ポリドメイン」は、液晶の選択反射波長状態時において液晶の螺旋軸が基板法線から若干傾き、且つ、該螺旋軸の基板への射影方向がランダムに異なっている領域であり、「モノドメイン」は、液晶の螺旋軸が基板面に対し垂直乃至略垂直に均一化している領域である。

【0 1 0 1】

前記（1）の場合を図 3（A）の例示によって説明すると、両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における液晶ドメインのうち一方の液晶ドメインが前記混在状態（図 3（A）の符号 M はモノドメインを示す。）であり、他方の液晶ドメインがポリドメインのみで構成される。さらに言うと、両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における液晶ドメインのうち素子観察側 P とは反対側の基板近傍 2 a の画素領域 X における液晶ドメインが前記混在状態であり、素子観察側 P の基板近傍 1 a の画素領域 X における液晶ドメインがポリドメインのみで構成される。

【0 1 0 2】

そして、一对の基板 1、2 のうち少なくとも前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板 2 の該液晶ドメインに臨む側に液晶 6 と接触する配向制御層 8 2 が設けられていて、前記混在状態における液晶分子 6 0 は配向制御層 8 2 により配向制御される。この配向制御として、次の（a）及び（b）の場合を例示できる。すなわち、

（a）該配向制御は、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板 2 に設けられている配向制御層 8 2 がラビングされていることによりなされる場合。この場合、ラビングされた配向制御層 8 2 のラビング密度が 1 0 以下であることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記混在状態を実現してもよい。

（b）該配向制御は、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板 2 に設けられている配向制御層 8 2 が所定の光の照射を受けていることによりなされる場合。この場合、前記配向制御は、配向制御層 8 2 への前記所定光の照射量により決定され

てもよいし、配向制御層 8 2 への前記所定光の照射時の基板温度により決定されてもよいし、また配向制御層 8 2 への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により決定されてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光照射することにより前記混在状態を実現してもよい。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【0103】

ここでの配向制御は、前記混在状態の液晶ドメインに臨む基板 2 に設けられている配向制御層 8 2 がラビングされていることによりなされている。このラビングされた配向制御層 8 2 のラビング密度は、ここでは 1 0 以下である。

【0104】

なお、ここではポリドメインのみで構成される液晶ドメインに臨む基板 1 の該液晶ドメインに臨む側にも配向制御層 8 1 が設けられている。この配向制御層 8 1 は、配向制御層 8 2 と同じ材料からなるがラビングされていない。

【0105】

前記 (2) の場合を図 3 (B) の例示によって説明すると、両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における液晶ドメインのうち素子観察側 P の基板近傍 1 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 のコレステリック螺旋軸 6 1 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ が対向側の基板近傍 2 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 のコレステリック螺旋軸 6 2 の基板法線 H となす角度 $\theta 2$ より大きい。

【0106】

そして、一对の基板 1、2 の液晶層 1 0 に臨む側に液晶 6 と接触する配向制御層 8 1、8 2 がそれぞれ設けられていて、両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X の各液晶ドメインにおける液晶 6 のコレステリック螺旋軸 6 1、6 2 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は配向制御層 8 1、8 2 により制御される。この配向制御層 8 1、8 2 による制御によって両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X における液晶ドメイン間において液晶 6 のコレステリック螺旋軸 6 1、6 2 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ に大小が生じている。その角度の大小が生じている例として、次の (c) 及び (d) の場合を例示できる。すなわち、

(c) 両基板 1、2 に設けられている配向制御層 8 1、8 2 のうちの少なくとも

一方の配向制御層がラビングされていることにより生じている場合。この場合、ラビングされた配向制御層のラビング密度が 10 以下であることが望ましい。所定パターンの開口を有するマスクを介してラビングを行うなどして、配向制御層を部分的にラビングすることにより前記角度の大小を生じさせてもよい。いずれの場合も、配向膜材料やラビング条件によっては配向制御層がモノドメイン化せず、全体として元の状態よりも螺旋軸の傾きの小さくなったポリドメインが得られる。

(d) 両基板 1、2 に設けられている配向制御層 81、82 のうちの少なくとも一方の配向制御層が所定の光の照射を受けていることにより生じている場合。この場合の角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の大小は、配向制御層への前記所定光の照射量により制御されてもよいし、配向制御層への前記所定光の照射時の基板温度により制御されてもよいし、また配向制御層への前記所定光の照射時の基板面に対する光照射角度により制御されてもよい。所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして、配向制御層に部分的に光を照射することにより前記角度の大小を生じさせてもよい。いずれの場合も、配向膜材料や光照射条件によっては配向制御層がモノドメイン化せず、全体として元の状態よりも螺旋軸の傾きの小さくなったポリドメインが得られる。いずれにしても、前記所定光としては紫外光を例示できる。

【0107】

また、両基板 1、2 に設けられている配向制御層 81、82 は材料パラメータが互いに異なってもよい。この場合、両基板近傍 1a、2a の画素領域 X の各液晶ドメインにおける液晶 6 のコレステリック螺旋軸 61、62 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は、両基板 1、2 に設けられている、材料パラメータが互いに異なる各配向制御層 81、82 により制御される。この各配向制御層 81、82 に用いる材料として、各配向制御層 81、82 で材料パラメータが異なるように、例えば、各配向制御層 81、82 で異なった種類の材料を用いることができる。前記材料パラメータとしては、それには限定されないが、例えばプレチルト角を挙げることができる。

【0108】

ここでの角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の大小は、両基板 1、2 に設けられている配向制御層 8 1、8 2 がいずれもラビングされていることにより生じている。このラビングされた配向制御層 8 1、8 2 のラビング密度は、ここではいずれも 1 0 以下である。

【0 1 0 9】

また、図 1 に示す液晶光変調素子においては、選択反射状態において両基板近傍 1 a、2 a の画素領域 X の各液晶ドメインにおける液晶 6 のコレステリック螺旋軸 6 1、6 2 の基板法線 H となす角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ がいずれも 20° 以下である。

【0 1 1 0】

図 1 に示す液晶光変調素子を含め、本発明の液晶光変調素子において、フォーカルコニック状態での光散乱効果を低減させる目的で、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向が基板面と略平行な面内で規則的に配列されてもよい。

【0 1 1 1】

この場合、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を基板面と略平行な面内で規則的に配列させるために、液晶素子内に液晶分子の配列規制手段を設けてもよい。

【0 1 1 2】

螺旋軸の方向を基板と平行な面内において規則的に配列させる配列規制手段としては、例えば、電界の制御による手段、配向規制力を異ならせることによる手段を挙げることができる。

(A) 電界の制御による手段（電界の方向に異方性を生じさせる突起状構造物又は溝）

図 4 に図 1 に示す液晶光変調素子において、配列規制手段の一例であるリブ構造の突起状構造物 1 3 が形成されている状態を示す。また、図 5 にリブ構造の突起状構造物 1 3 が形成されている液晶光変調素子において、等電位線 2 6 が該突起状構造物 1 3 近傍で歪を生じる状態を示し、図 6 に電界方向 E が部分的に特定方向に傾斜する状態を示す。なお、図 4 において樹脂構造物 4 は図示を省略して

ある。以下に説明する図 9 及び図 1 1 についても同様である。

【 0 1 1 3 】

図 4 に示すように、リブ構造の突起状構造物 1 3 を一方の基板 2 に設けている場合、突起状構造物 1 3 を設けたことにより、電極 1 1、1 2 間に電圧印加した場合に、図 5 に示すように等電位線 2 6 が突起状構造物 1 3 近傍で歪を生じる。そのため、図 6 に示すように電界方向 E が部分的に特定方向に傾斜する。そして、この状態から電圧の印加を停止して液晶をフォーカル・コニック状態にすると、それまで存在していた傾斜電界の影響により、液晶の螺旋軸方向が規制されるものと考えられ、結果的に図 7 及び図 8 に示すように、基板に略平行な面内において、液晶の螺旋軸 6 1 が規則的に揃った状態となる。従って、液晶分子の螺旋軸 6 1 が一定の方向に向いた光散乱の少ないフォーカル・コニック状態を実現することができる。なお、図 8 に示す状態は液晶光変調素子を上から見たときの状態である。

【 0 1 1 4 】

なお、突起構造物としては前記の構造物 1 3 に限定されるものではなく、各種の形状のものを用いることができる。

【 0 1 1 5 】

図 9 に図 1 に示す液晶光変調素子において、電極 1 2 に配列規制手段の他の例である溝（スリット）1 5 が形成されている状態を示す。また、図 1 0 に電極 1 2 にスリット 1 5 が形成されている液晶光変調素子において、スリット 1 5 近傍で等電位線 2 6 に歪みを生じる状態を示す。

【 0 1 1 6 】

図 9 に示すように、透明電極 1 2 にスリット 1 5 を形成した場合にも、やはり図 1 0 に示すようにスリット 1 5 近傍で等電位線 2 6 に歪みを生じるため、同様の理由で液晶の螺旋軸が一定の方向に向いた散乱の少ないフォーカル・コニック状態を実現することができる。

【 0 1 1 7 】

なお、溝については、電極に形成されるものに限定されない。例えば絶縁膜等に形成されてもよい。

(B) 配列規制力を異ならせることによる手段

螺旋軸の方向を基板と平行な面内において規則的に配列させる他の手段としては、配向規制力の異なる領域が挙げられる。配向規制力の異なる領域とは液晶分子に対するアンカリング力や配向方向が異なる領域をいう。この配向規制力の異なる領域は、電極面に均一に塗布されたポリイミド等の配向膜（配向制御層）をラビング処理したり紫外線等による光配向処理を施すことにより得られる。特に、密度の低い（例えば、ラビング密度 10 以下の）ラビングを配向制御層全体に施したり、所定パターンの開口を有するマスクを用いるなどして配向制御層を部分的にラビングしたり、所定パターンの開口を有するマスクを介して光照射するなどして部分的に光照射を行ったりして、配向規制力の異なる領域を形成することが好ましい。また、部分的に材料種の異なる配向膜を形成することによっても配向規制力の異なる領域が得られる。

【0118】

このような配向規制力の異なる領域は、ラビング処理等により電界方向の傾斜が発現するのではなく、液晶分子がフォーカルコニック状態に遷移する過程において、表面規制力の違いによる螺旋軸の方向付けがなされるため、前記の電界方向を傾斜させる手段と同様の効果を得ることができるものと考えられる。

【0119】

いずれにしても、かかる配向処理を施すことによって、螺旋軸の方向を基板と平行な面内において規則的に配列させる場合、液晶素子中に新たな部材を追加する必要がないため信頼性が高まるという利点がある。特に、光配向処理は塵の発生等の恐れが少なく優れた手段である。

【0120】

全面的又は部分的にラビングを施す手法及び全面的又は部分的に光照射を行う手法は、本発明に係る第 1 の液晶光変調素子において、配向制御層が設けられている場合、選択反射状態時における液晶層の前記混在状態における液晶分子が該配向制御層により配向制御される場合（ここでは図 3（A）の場合）において行われる配向制御手法と同様のものでもよい。また、部分的にラビングを施す手法、部分的に光照射を行う手法及び部分的に異なる材料を用いる手法は、本発明に

係る第2の液晶光変調素子において、配向制御層が設けられている場合、選択反射状態時における液晶層の両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が該配向制御層により制御される場合（ここでは図3（B）の場合）において行われる配向制御手法と同様のものでもよい。このように先の配向制御手法と同様の手法を用いることにより、前記混在状態や上下基板における角度の違いを実現すると同時に、散乱の少ないフォーカルコニック状態をも実現することができる。

【0121】

図11に図1に示す液晶光変調素子において、かかる手法により部分的に処理された領域16を配向制御層（配向膜）82上に設けた例を示す。

【0122】

このように部分的に処理された領域が設けられた配向制御層は、図3（A）の場合のように、選択反射状態時における液晶層の前記混在状態を得るように液晶分子を配向制御することができるものでもよい。また、図3（B）の場合のように、選択反射状態時における液晶層の両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度を制御することができるものでもよい。いずれにしてもフォーカルコニック状態において螺旋軸の方向を基板と平行な面内において規則的に配列させることも可能である。

【0123】

選択反射状態時における前記両基板近傍の画素領域の各液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度を制御する手法として、挟持されたコレステリック液晶に臨む基板最表面（例えば基板表面の膜）の材料種、処理方法をコレステリック液晶材料種に合わせて適宜選択する手法も有効である。

【0124】

基板最表面が膜である場合、基板最表面の材料としては、前述の電極材料、絶縁膜に用いられる材料の他、ポリイミドが利用可能である。このうち、後述する配向処理によりコレステリック液晶との相互作用を容易に変化させられるという観点からポリイミドが最も適する。また、膜の厚みは、コレステリック液晶層へ

の電圧印加を行うことができ、光透過率を著しく低下させない程度の厚みであればよい。

【 0 1 2 5 】

配向処理を行う手法としては、配向処理を行う部分の表面を布等で一方向にこするラビング法、基板最表面が膜（例えば、ポリイミド膜）である場合、成膜後の膜に無偏光若しくは直線偏光の光（例えば、紫外線）を照射し、該膜に異性化、二量化、分解等の反応を起こさせ、異方性を生じさせる光配向処理が好適である。

【 0 1 2 6 】

ここでラビング法を採用する場合、所定の毛先長さのラビング布を有するラビングローラを備え、基板を所定方向に所定の速度で移動させるとともに、所定方向に所定の回転数で回転するラビングローラと該基板最表面とを相互に接触させることにより、該基板最表面をラビングするラビング装置を用いることができる。このラビングローラを利用したラビング装置を用いる場合、ラビング布の毛先押し込み長さ、ラビング回数、ラビングローラ半径、ラビングローラ回転数、基板移動速度により液晶分子の配向制御が可能である。

【 0 1 2 7 】

ラビング回数を（N）、ラビングローラ半径を（r）、ラビングローラ回転数を（m）、基板移動速度を（v）としたときの以下の式（1）で表されるラビング密度（L）は重要なパラメータである。

【 0 1 2 8 】

【数 1】

$$L = N\{1 + 2\pi rm/v\} \cdots \cdots \text{（式 1）}$$

【 0 1 2 9 】

このラビング密度が 1 0 0 程度以上の場合、コレステリック液晶の螺旋軸は基板面に対して完全乃至略完全に垂直となるため、前述したように双安定効果が失われやすくなる。ラビング密度が 1 0 0 以下の場合には、基板面全面がラビングされるわけではなく部分的にラビング効果がはたらくものと考えられ、液晶の螺

旋軸は一部が基板面に対して完全乃至略完全に垂直な構成をとり、一部が基板法線に対して傾きを有する構成をとる。液晶光変調素子の一面素程度の範囲（例えば $100\mu\text{m}$ 以上）で見れば、液晶の螺旋軸の傾きはその範囲の平均として基板法線方向に対してある角度を有することになる。また、同様の効果はマスク層を用いるなどしてラビング処理を部分的に行う部分ラビング法を用いてマスク層の開口部に相当するラビング対象領域のラビング密度を大きくした場合でも得ることができる。

【0130】

一方、光配向処理を行う場合において、配向処理を行う領域に、例えば紫外線を照射する場合、紫外線の照度、照射時間、照射時の基板温度、照射時の紫外線方向に対する基板傾斜角度により、液晶分子の配向制御が可能である。前記の部分配向法（部分ラビング法）と同様、フォトマスクを介して露光を行う部分光配向処理も有効である。

【0131】

また、両基板間で最表面膜材料（例えば、ポリイミド膜材料）そのものを異なる材料にする場合も、同様の効果が得られる。すなわち、両基板間で最表面材料としてラビングにより発現するプレチルト角の異なる材料を選択する場合やプレチルト角が同じであっても材料構成が異なる材料を選択する場合でも、同様の効果が得られる。

【0132】

配向制御層（配向膜）を部分的にラビング処理を行う手法としては、例えば形成した配向膜にフォトレジスト材料をスピンコート等により塗布し、既存のフォトリソグラフィ工程によりラビングを行いたい部分のみレジストを除去し、ラビングを行った後、レジストを除去する手法を挙げることができる。これによりラビング領域が得られる。なお、ラビング方向は特に問わない。

【0133】

部分的に光配向処理を行う手法としては、例えばフォトマスク及び偏光板を介して紫外線露光する手法を挙げることができる。これにより容易に光配向領域が得られる。

【 0 1 3 4 】

図 1 2 にかかる手法により配向膜を部分的に処理する工程の一例を示す。本例は以下の各工程を含む。

- ・ 図 1 2 (A) : 電極 1 2 がパターン形成された基板 2 の電極面に絶縁膜 7 を形成する。
- ・ 図 1 2 (B) : 絶縁膜 7 上に配向膜 8 2 を形成する。
- ・ 図 1 2 (C) : 光源 7 0 にてマスク 7 2 の開口部 7 3 を介して配向膜 8 2 を露光する。

【 0 1 3 5 】

または、

- ・ 図 1 2 (C') : 配向膜 8 2 上にレジスト膜 4 0 を形成し、レジスト膜 4 0 をパターニングする。そして、レジスト膜 4 0 の開口部 4 1 を介して配向膜 8 2 をラビング処理 6 4 する。その後、レジスト膜 4 0 を除去する。
- ・ 図 1 2 (D) : 以上により、部分的に処理された領域 1 6 が形成される。

【 0 1 3 6 】

以上の工程により、比較的簡単な手法で、所望の形状を有した領域 1 6 を任意の位置に形成することができる。

【 0 1 3 7 】

なお、異種配向膜を使用する手法としては、例えば、図 1 2 (C') の工程において、レジスト膜のパターニング後、異なる種類の配向膜を塗布し焼成してレジスト膜を除去する手法を採用できる。

【 0 1 3 8 】

このようにして得られる領域 1 6 は、図 1 の液晶光変調素子において、図 3 (A) の場合は配向制御層 8 2 に、図 3 (B) の場合は配向制御層 8 1、8 2 にそれぞれ設けることができる。

【 0 1 3 9 】

以上のようにして、基板に表面処理を施し、或いは基板最表面の材料を選択することで、コレステリック液晶螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）を両基板間で変化させた場合、各基板近傍でのコレステリックドメインの構造が異なり、ブ

レーナ状態での光反射特性が異なることになる。

【0 1 4 0】

コレステリック液晶による可視光の選択反射による表示を行う液晶光変調素子においては、液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）が比較的大きい場合には、素子観察側正面の光反射率は低いもののスペクトル半値巾は広く視野角特性に優れた構造をとる。一方、液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）が比較的小さい場合には、素子観察側正面の光反射率及び色純度が高く視野角特性のやや劣る構造をとる。従って、無配向処理コレステリック液晶素子に比べ、双安定特性を維持したまま素子観察側正面での優れた明るさ、色純度特性が得られる。さらに素子観察側の液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）が非観察側（観察側とは反対側）に比べて大きい場合には、螺旋軸の傾きの小さい側のコレステリックドメインから反射した光が螺旋軸の傾きの大きい側のコレステリックドメインにより若干散乱するため、視野角特性の観点からみると有利である。

【0 1 4 1】

コレステリック液晶のプレーナ配列の螺旋軸方向に対して斜めに入射した光の選択反射光の波長 λ は以下の式（2）により表される。

【0 1 4 2】

【数 2】

$$\lambda = \bar{n} p \cos \frac{1}{2} \left[\sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \phi_i \right) + \sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \phi_r \right) \right] \quad \cdots \cdots \text{ (式 2)}$$

ここで \bar{n} は平均屈折率、 p はコレステリック液晶の螺旋ピッチ、 n は液晶の平均屈折率、 ϕ_i と ϕ_r はそれぞれ螺旋軸に対する光の入射角度と反射角度である。

【0 1 4 3】

よって、液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）は両基板間で同等の液晶の螺旋軸の傾きを有する液晶セルを作製し、該液晶セルの分光透過率測定を行って、両面ラビングコレステリックセルの分光透過率測定と選択反射波長を比較することにより容易に計算可能である。

【0 1 4 4】

高密度ラビングを行ったセルは螺旋軸角度が 0° となる。この場合のセル透過率を測定し、得られたスペクトルより選択反射中心波長を読み取る。

【0 1 4 5】

【数 3】

この波長を λ_0 とすると

$$\lambda_0 = \bar{n}p \cos \frac{1}{2} \left[\sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \theta \right) + \sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \theta \right) \right] \dots\dots (式 3)$$

となる。よって $\bar{n}p$ が求められる。

【0 1 4 6】

次に螺旋軸角度が数度のセルを測定し同様に中心波長を読み取る。

【0 1 4 7】

【数 4】

この波長を λ' とすると

$$\lambda' = \bar{n}p \cos \frac{1}{2} \left[\sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \phi_s \right) + \sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \phi_s \right) \right] \dots\dots (式 4)$$

となり、式(4)に式(3)の結果を代入することにより角度 ϕ_s が求められる。角度 ϕ_s は螺旋軸の傾斜角度となる。

【0 1 4 8】

この手法により液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）を計算し、表示特性と比較したところ螺旋軸傾きが 20° 以下である液晶光変調素子では、明るさ、色純度の点で優れる。これに対し、液晶の螺旋軸傾きが 20° より大きい液晶光変調素子では、ドメイン間の散乱効果が大きくなり色純度が劣る。積層型液晶光変調素子を構成した場合には光透過率も低下してしまう。従って、液晶の螺旋軸傾きは 20° 以下であることが望ましい。

【0 1 4 9】

図1に示す液晶光変調素子を含め、本発明の液晶光変調素子は、一対の基板間に、ギャップを規定するスペーサ材として該基板間のギャップを均一に保持するためのスペーサが設けられていてもよい。ギャップを規定するスペーサ材としては、ガラス製、プラスチック製等の球状のスペーサ粒子を例示できる。その他、

熱可塑性若しくは熱硬化性柱状接着剤等を用いることが可能である。図 1 の液晶光変調素子は、既述のとおり、基板 1、2 間にスペーサ 5 を配置してある。

【0 1 5 0】

図 1 に示す液晶光変調素子を含め、本発明の液晶光変調素子は、強い自己保持性を付与するために、一对の基板間がスペース保持部材としての構造物で支持されていてもよい。図 1 の液晶光変調素子には、基板 1、2 間に樹脂構造物 4 が設けられている。樹脂構造物 4 は、例えば、格子配列などの所定の配置規則に基づいて、一定の間隔をおいて配列された、円柱状、断面四角柱状、断面楕円柱状などのドット状のものとすることができる。

【0 1 5 1】

液晶材料を一对の基板間に挟持する方法としては、一般によく知られた真空注入法や液晶滴下法が利用可能であり、作製する液晶セルのサイズ、セルギャップ等を考慮して適宜選択することができ、液晶の螺旋軸の基板法線方向に対する傾きの効果については液晶の挟持方法による差は無い。

【0 1 5 2】

シール材の材料としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等の熱硬化型或いは光硬化型接着剤が使用可能である。

【0 1 5 3】

本発明に係る液晶光変調素子を駆動する場合、高低矩形波電圧（電圧パルス）の組み合わせにより行うことが望ましい。この場合、コレステリック液晶のプレーナ状態は、液晶分子全てが電界方向に並んだホメオトロピック状態から急峻に電圧をオフすることで得ることができ、フォーカル・コニック状態は、プレーナ状態への低電圧パルス若しくはホメオトロピック状態直後に低電圧パルスを印加することにより得ることができる。

【0 1 5 4】

以上のような特性を有するコレステリック液晶光変調素子として、選択反射波長の異なる素子を複数積層することにより多色表示の反射型素子が構成される。特に選択反射波長を赤色（R）、緑色（G）、青色（B）とすることにより、フルカラー表示素子が得られる。

【0155】

図13は青色表示を行う液晶光変調素子、緑色表示を行う液晶光変調素子、赤色表示を行う液晶光変調素子の三つの液晶光変調素子をこの順に積層した積層型液晶光変調素子の概略断面図である。なお、図13の積層型液晶光変調素子における各液晶光変調素子は、図1に示す液晶光変調素子と実質的に同様のものであり、基本的に同じ構成、作用を有する箇所については同じ参照符号を付してある。

【0156】

図13に示す積層型液晶光変調素子における各液晶光変調素子B、G、Rは、一対の基板1、2間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料6b、6g、6rを含む青色表示、緑色表示、赤色表示を行う液晶層10b、10g、10rがそれぞれ挟持されている。

【0157】

また、素子観察側P（光を入射させる側）とは反対側の基板の外表面（裏面）には、必要に応じて、可視光吸収層が設けられる。図13の例では液晶光変調素子Rにおける基板2の外表面（裏面）に可視光吸収層3が設けられている。

【0158】

図13に示す積層型液晶光変調素子では、所定の電圧印加により液晶6b、6g、6rをプレーナ状態（選択反射状態）とフォーカル・コニック状態に切り替えて表示を行う。

【0159】

図13に示す積層型液晶光変調素子を含め、本発明の積層型液晶光変調素子では、隣り合う液晶光変調素子において、その両者間の基板を共通にしてもよい。図14に図13の積層型液晶光変調素子について、隣り合う液晶光変調素子BとG、GとRにおいて、その両者間の基板1、2を共通にした状態を示す。

【0160】

積層型液晶光変調素子において、高い色純度を実現するためには各セル（各液晶光変調素子）を透過する光について如何に散乱成分を低減させることができるかが重要であり、前記したように液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）を

小さくすることによりセルの光透過率を向上させることができる。但し、螺旋軸の傾きが小さくなると前述のように視野角特性が低下するため、一方は螺旋軸の傾きが比較的小さく、もう一方は螺旋軸の傾きが大きくなる構成をとる。こうすることで、明るさ、コントラスト、色純度の最適な反射型液晶光変調素子が得られる。

【0161】

また、積層型液晶光変調素子を構成する場合には各液晶光変調素子層ごとに液晶の螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）を制御する。こうすることで、さらに視認性に優れた特性が得られる。すなわち、コレステリック液晶ドメインはプレーナ状態においても少なからず散乱体であるため、素子観察側から遠い側の液晶光変調素子層は液晶の螺旋軸の傾きを小さくし、該層よりも上層の液晶光変調素子の散乱効果を用いて光を拡散させることにより高い色純度と高い光反射率を両立させることができる。

【0162】

よって、素子観察側から順にB液晶光変調素子ーG液晶光変調素子ーR液晶光変調素子と積層する場合には、液晶の螺旋軸の傾きは大きい順にB液晶光変調素子ーG液晶光変調素子ーR液晶光変調素子となること、例えば、各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）は、素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）より大きく、素子観察側の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）は、素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）より大きくなることが液晶光変調素子の視認性向上には望ましい。

【0163】

また、各層の液晶光変調素子で隣合う液晶光変調素子の液晶の螺旋軸の傾きを

異ならせることにより、例えば、各隣合う液晶光変調素子において、素子観察側の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）と、素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における素子観察側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）とを互いに異ならせ、素子観察側の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）と、素子観察側とは反対側の液晶光変調素子における素子観察側とは反対側の基板近傍の画素領域の液晶ドメインにおける液晶のコレステリック螺旋軸の傾き（基板法線となす角度）とを互いに異ならせることにより、さらにその効果を高めることができる。

【 0 1 6 4 】

図 1 3 及び図 1 4 に示す積層型液晶光変調素子では、各隣合う液晶光変調素子 B と G（G と R）において、素子観察側 P の液晶光変調素子 B（G）における素子観察側 P の基板近傍 1 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 b（6 g）のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側 P とは反対側の液晶光変調素子 G（R）における素子観察側 P の基板近傍 1 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 g（6 r）のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きく、素子観察側 P の液晶光変調素子 B（G）における素子観察側 P とは反対側の基板近傍 2 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 b（6 g）のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度は、素子観察側 P とは反対側の液晶光変調素子 G（R）における素子観察側 P とは反対側の基板近傍 2 a の画素領域 X の液晶ドメインにおける液晶 6 g（6 r）のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度より大きい。

【 0 1 6 5 】

また、各隣合う液晶光変調素子 B と G（G と R）において、素子観察側 P の液晶光変調素子 B（G）におけるラビングされた配向制御層のラビング密度は、該配向制御層に対応する素子観察側 P とは反対側の液晶光変調素子 G（R）における前記ラビングされた配向制御層のラビング密度よりも小さい。

【0166】

以上説明した液晶光変調素子（積層型液晶光変調素子）によると、選択反射状態時における液晶層10（10b、10g、10r）の両基板1、2に臨む基板近傍1a、2aの画素領域Xにおける各液晶ドメインが前記（1）の場合、選択反射状態時における液晶層10（10b、10g、10r）の両基板1、2に臨む基板近傍1a、2aのうち少なくとも一方の基板近傍2aの画素領域Xにおける液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態であるので、また前記（2）の場合、選択反射状態時における液晶層10（10b、10g、10r）の両基板1、2に臨む基板近傍1a、2aの画素領域Xにおける各液晶ドメインはいずれもポリドメイン構造をとり、両基板近傍1a、2aの画素領域Xにおける液晶ドメイン間で液晶のコレステリック螺旋軸61、62と基板法線Hとのなす角度 θ_1 、 θ_2 が異なるので、明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像を表示できるとともに、電圧無印加時において表示状態（明るく、コントラスト、色純度の高い良好な画像状態）を長期にわたって維持することができる。換言すれば、プレーナ状態での高い反射強度・高コントラスト・高色純度の特性と双安定性とを両立させることができる。

【0167】

また、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を基板面と略平行な面内で規則的に配列させるために、配向膜（配向制御層）に配向規制力の異なる領域が設けられているので、フォーカルコニック状態における液晶層の光透過率が向上し、コントラストを向上させることができる。

【0168】

次に、本発明に係る液晶光変調素子の性能評価実験を行ったので、比較実験とともに以下に説明する。但し、本発明はこれらの各実験例に限定されるものではない。

【0169】

各実験例・比較実験例では、基板の処理条件（配向制御膜材料の選択、ラビング処理、光配向処理など条件）の異なる液晶表示素子を作製し、それについて素子観察側正面での視認性（素子観察側正面の反射率、色純度）、メモリ特性（双

安定性)、視野角特性(所定観察角度の反射率)を評価した。

【0170】

なお、各実験例・比較実験例において、液晶表示素子における液晶の螺旋軸の傾き(基板法線となす角度)の測定は、上下各基板において同一構成の配向制御膜を形成したセルを用い、該セルに液晶を注入した後、液晶が注入されたセルに所定の高電圧パルスを印加して該セルをプレーナ状態にし、プレーナ状態でのセルの光線透過率を測定することにより行った。その際、選択反射ピーク波長を読み取り、前記式(2)により、液晶の螺旋軸の平均傾きを算出した。

(実験条件)

- ・単層セルの液晶層の厚みは全て $5\mu\text{m}$
- ・駆動は下記のパルスを用いたパルス電圧駆動とする。

【0171】

3ms、80V～60Vのパルスでプレーナ状態を選択、

3ms、40Vのパルスでフォーカル・コニック状態を選択

- ・メモリ性の安定性の評価は、前記パルス電圧印加直後の反射特性値(Y値)と、その状態のまま一ヵ月放置した後の反射特性値(Y値)との比較により行った。

- ・視野角特性の評価は、素子観察側法線に対して 30° の方向から光照射を行い、素子観察側法線に対する検出角度を変化させてピーク反射率を測定することにより行った。

- ・ラビング処理は、所定の毛先長さのラビング布を有するラビングローラを備え、基板を所定方向に所定の速度で移動させるとともに、所定方向に所定の回転数で回転するラビングローラと該基板最表面とを相互に接触させることにより、該基板最表面をラビングすることができるラビング装置を用いて行った。

- ・ラビング密度は、前記式(1)により求めた。

【0172】

なお、各実験例・比較実験例において反射率、色純度、反射特性値(Y値)の測定は、反射型分光測色計CM3700d(ミノルタ社製)を用いて行った。

<実験例1>

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子の一例（配向制御膜材料が上下基板間で異なる液晶表示素子）を作製した。

・ 観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド

J A L S - 1 0 2 4 - R (J S R 社 製)

ノンラビング

螺旋軸傾き（平均） : 約 18°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキシソ印刷

→ 80°C 2 min 仮焼成

→ 140°C 60 min 焼成

配向制御膜の膜厚 : 500Å

・ 非観察側（観察側とは反対側）における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド

A L 1 4 5 4 (J S R 社 製)

ノンラビング

螺旋軸傾き（平均） : 約 7°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキシソ印刷

→ 80°C 2 min 仮焼成

→ 140°C 60 min 焼成

配向制御膜の膜厚 : 500Å

・ 液晶

液晶材料 : メルク社製ネマティック液晶 E 3 1 - L V

+ メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 (2 4 . 5 重量 %)

選択反射ピーク波長 : $\lambda = 550\text{nm}$

偏光顕微鏡による観察で、いずれの配向制御膜ともにプレーナ状態における基板近傍の液晶はほぼ全域にわたってポリドメインであることが確認された。

【 0 1 7 3 】

この実験では、素子観察側正面の反射率 = 3 5 %、色純度 = 7 5 % となり、素

子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【0174】

この液晶表示素子の視野角特性を図15に示す。図15に示すように、観察角度 30° での反射率は、 0° 観察時の反射率の50%以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【0175】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後のY値は1.2であり、一ヵ月放置後のY値は1.3であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。

<実験例2>

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子の他の例（片側基板の配向制御膜のみラビングした液晶表示素子）を作製した。

・観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 JALS-1024-R（JSR社製）
 ノンラビング

螺旋軸傾き（平均）: 約 18°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
 → 80°C 2min 仮焼成
 → 140°C 60min 焼成

配向制御膜の膜厚 : 500Å

・非観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 JALS-1024-R（JSR社製）
 全域にわたってラビング

螺旋軸傾き（平均）: 約 4°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
 → 80°C 2min 仮焼成

→ 1 4 0 ° C 6 0 m i n 焼成

配向制御膜の膜厚 : 5 0 0 Å

ラビング条件 : 毛先押し込み長さ 0 . 4 m m

ロール半径 7 5 m m

ロール回転数 n o n e

基板移動速度 3 0 m m / s e c

ラビング回数 5

ラビング密度 5

・ 液晶

液晶材料 : メルク社製ネマティック液晶 E 3 1 - L V

+ メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 (2 4 . 5 重量 %)

選択反射ピーク波長 : $\lambda = 5 5 0 \text{ nm}$

偏光顕微鏡による観察で、観察側の配向制御膜近傍のプレーナ状態における液晶は全てポリドメインであり、非観察側の配向制御膜近傍の液晶はポリドメインとモノドメインの混在状態であることが確認された。

【 0 1 7 6 】

この実験では、素子観察側正面の反射率 = 4 0 %、色純度 = 7 8 % となり、素子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【 0 1 7 7 】

この液晶表示素子の視野角特性を図 1 6 (プロット○) に示す。図 1 6 (プロット○) に示すように、観察角度 3 0 ° での反射率は、0 ° 観察時の反射率の 5 0 % 以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【 0 1 7 8 】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1 . 3 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 1 . 5 であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。

< 比較実験例 1 >

この実験では、実験例 2 において、非観察側におけるポリイミド膜のラビング密度を大きくすることで、このポリイミド膜近傍の液晶がプレーナ状態において

全域にわたってモノドメインとなるようにした液晶表示素子を作製した。それ以外は実験例 2 の場合と同様であり、以下に実験例 2 の場合と異なる点についてのみ記載する。

【0179】

ラビング条件	: ロール回転数	5 5 0 r p m
	ラビング回数	2
	ラビング密度	約 2 9 0
	螺旋軸傾き	(平均) 約 0°

偏光顕微鏡による観察で、非観察側の配向制御膜近傍のプレーナ状態でほぼ全域にわたってモノドメインであることが確認された。

【0180】

この液晶表示素子の視野角特性を図 1 6 (プロット●) に示す。図 1 6 (プロット●) に示すように、正面での反射率は高くなっているものの、視野角特性は実験例 2 の液晶表示素子に比べ劣っており、観察角度 3 0° での反射率は 0° 観察時の反射率の 1 0 % 程度にまで低下することがわかる。

【0181】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1. 4 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 6. 7 であった。従って、この実験の液晶表示素子では、メモリ特性に劣化が見られた。

<比較実験例 2>

この実験では、実験例 2 において、上下各基板のポリイミド膜ともラビングを行わない液晶表示素子を作製した。

【0182】

この液晶表示素子の視野角特性を図 1 7 に示す。図 1 7 に示すように、視野角特性は十分な特性であるが、素子観察側正面での反射率は実験例 2 に比べ約 3 8 % 低くなっている。

【0183】

メモリ特性は、電圧印加直後、一ヵ月放置後いずれも Y 値が 1. 2 で変化は見られなかった。

＜実験例 3＞

この実験では、実験例 2 において、非観察側におけるポリイミド膜のラビング密度のやや大きい（ラビング密度を 1 0 とする）液晶表示素子を作製した。螺旋軸傾き（平均）は約 4° であった。偏光顕微鏡による観察で、非観察側の配向制御膜近傍の液晶はプレーナ状態でポリドメインとモノドメインの混在状態であることが確認された。

【0 1 8 4】

この液晶表示素子の視野角特性を図 1 8（プロット○）に示す。なお、図 1 8 中プロット●は実験例 2 の結果を示す。図 1 8 に示すように、視野角特性は実験例 2 の場合とほぼ同様であった。正面での反射率、色純度、長期間でのメモリ特性についても実験例 2 と同様の結果を示した。

＜実験例 4＞

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子のさらに他の例（片側基板の配向制御膜のみ光配向処理した液晶表示素子）を作製した。

・ 観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 TT-054（日立化成製）
 ノンラビング

螺旋軸傾き（平均）: 約 16°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
 → 100°C 1 m i n 仮焼成
 → 230°C 3 0 m i n 焼成

配向制御膜の膜厚 : 5 0 0 Å

・ 非観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 TT-054（日立化成製）
 光配向処理

螺旋軸傾き（平均）: 約 6°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキシソ印刷

→ 1 0 0 ° C 1 m i n 仮焼成

→ 2 3 0 ° C 3 0 m i n 焼成

配向制御膜の膜厚 : 5 0 0 Å

紫外線照射条件 : 5 J / c m ²

照射角度 1 5 度

基板温度 2 3 ° C

偏光板を使用して基板全面に照射する

・ 液晶

液晶材料 : メルク社製ネマティック液晶 E 3 1 - L V

+ メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 (2 4 . 5 重量 %)

選択反射ピーク波長 : $\lambda = 5 5 0 \text{ nm}$

偏光顕微鏡による観察で、観察側の配向制御膜近傍のプレーナ状態における液晶は全てポリドメインであり、非観察側の配向制御膜近傍の液晶はポリドメインとモノドメインの混在状態であることが確認された。

【 0 1 8 5 】

この実験では、素子観察側正面の反射率 = 3 8 %、色純度 = 7 2 % となり、素子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【 0 1 8 6 】

この液晶表示素子の視野角特性は図示を省略したが、観察角度 3 0 ° での反射率は 2 0 % となり、0 ° 観察時の反射率の 5 0 % 以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【 0 1 8 7 】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1 . 3 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 1 . 4 であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。

< 実験例 5 >

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子のさらに他の例

（両側基板の配向制御膜を光配向処理し、両側光配向処理で露光量が異なる液晶表示素子）を作製した。

・ 観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 TT-054（日立化成製）
 光配向処理
 螺旋軸傾き（平均）：約 12°
 成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキシソ印刷
 → 100°C 1 min 仮焼成
 → 230°C 30 min 焼成
 配向制御膜の膜厚 : 500 \AA
 照射条件 : $2\text{ J}/\text{cm}^2$
 照射角度 15°
 基板温度 23°C
 偏光板を使用して基板全面に照射する

・ 非観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 TT-054（日立化成製）
 光配向処理
 螺旋軸傾き（平均）：約 6°
 成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキシソ印刷
 → 100°C 1 min 仮焼成
 → 230°C 30 min 焼成
 配向制御膜の膜厚 : 500 \AA
 照射条件 : $5\text{ J}/\text{cm}^2$
 照射角度 15°
 基板温度 23°C
 偏光板を使用して基板全面に照射する

・ 液晶

液晶材料 : メルク社製ネマティック液晶 E 3 1 - L V
+ メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 (2 4 . 5 重量%)

選択反射ピーク波長: $\lambda = 5 5 0 \text{ nm}$

偏光顕微鏡による観察で、いずれの配向制御膜近傍の液晶とも、モノドメインとポリドメインの混在状態であることが確認された。

【 0 1 8 8 】

この実験では、素子観察側正面の反射率 = 4 1 %、色純度 = 8 0 % となり、素子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【 0 1 8 9 】

この液晶表示素子の視野角特性は図示を省略したが、観察角度 3 0 ° での反射率は 2 1 % となり、0 ° 観察時の反射率の 5 0 % 以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【 0 1 9 0 】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1 . 2 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 1 . 4 であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。

< 実験例 6 >

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子のさらに他の例（両側基板の配向制御膜を光配向処理し、両側光配向処理で露光時の基板温度が異なる液晶表示素子）を作製した。

・ 観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
T T - 0 5 4 (日立化成製)
光配向処理

螺旋軸傾き (平均) : 約 1 2 °

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
→ 1 0 0 ° C 1 m i n 仮焼成
→ 2 3 0 ° C 3 0 m i n 焼成

配向制御膜の膜厚 : 5 0 0 Å

照射条件 : 2 J / c m²

照射角度 1 5 度

基板温度 2 3 °C

偏光板を使用して基板全面に照射する

・ 非観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド

TT-054 (日立化成製)

光配向処理

螺旋軸傾き (平均) : 約 7°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷

→ 1 0 0 °C 1 m i n 仮焼成

→ 2 3 0 °C 3 0 m i n 焼成

配向制御膜の膜厚 : 5 0 0 Å

照射条件 : 2 J / c m²

照射角度 1 5 度

基板温度 1 2 0 °C

偏光板を使用して基板全面に照射する

・ 液晶

液晶材料 : メルク社製ネマティック液晶 E 3 1 - L V

+ メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 (2 4 . 5 重量%)

選択反射ピーク波長 : $\lambda = 5 5 0 \text{ nm}$

偏光顕微鏡による観察で、いずれの配向制御膜近傍の液晶とも、モノドメインとポリドメインの混在状態であることが確認された。

【 0 1 9 1 】

この実験では、素子観察側正面の反射率 = 4 0 %、色純度 = 7 7 % となり、素子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【 0 1 9 2 】

この液晶表示素子の視野角特性は図示を省略したが、観察角度 3 0 ° での反射

率は 21% となり、0° 観察時の反射率の 50% 以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【0193】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1.3 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 1.5 であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。

<実験例 7>

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子のさらに他の例（片側基板の配向制御膜のみ部分ラビングした液晶表示素子）を作製した。

・観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 JALS-1024-R (JSR 社製)
 ノンラビング

螺旋軸傾き（平均）: 約 18°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
 → 80℃ 2min 仮焼成
 → 140℃ 60min 焼成

配向制御膜の膜厚 : 500 Å

・非観察側における配向制御膜

配向制御膜材料 : ポリイミド
 JALS-1024-R (JSR 社製)
 下記のレジストパターンを用いて部分ラビング

螺旋軸傾き（平均）: 約 7°

成膜条件 : 配向制御膜材料をフレキソ印刷
 → 80℃ 2min 仮焼成
 → 140℃ 60min 焼成

配向制御膜の膜厚 : 500 Å

レジストパターン

フォトマスク：斜光部／開口部＝ $7\mu\text{m}/3\mu\text{m}$

(ピッチ $10\mu\text{m}$)

スピコート：OFPR-800 (東京応化製)

プリベイク：80℃、15min クリーンオープン

露光：30mJ/cm² 紫外線露光装置

現像：SD-1 (トクヤマ製、現像液)

リンス：超純水流水

ポストベイク：120℃、15min

エッチング：塩鉄液D (林純薬製)、20min

レジスト剥離：イソプロピルアルコール (IPA：トクヤマ製)

剥離時間：2min

ラビング条件：毛先押し込み長さ 0.4mm

ロール半径 75mm

ロール回転数 900rpm

基板移動速度 30mm/sec

ラビング回数 2

ラビング密度 約470

・ 液晶

液晶材料：メルク社製ネマティック液晶E31-LV

+メルク社製カイラル剤S-811 (24.5重量%)

選択反射ピーク波長： $\lambda = 550\text{nm}$

偏光顕微鏡による観察で、観察側の配向制御膜近傍のプレーナ状態における液晶は全てポリドメインであり、非観察側の配向制御膜近傍の液晶は全てポリドメインとモノドメインの混在状態であることが確認された。

【0194】

この実験では、素子観察側正面の反射率＝39%、色純度＝72%となり、素子観察側正面での視認性の高い液晶表示素子が得られた。

【0195】

この液晶表示素子の視野角特性は図示を省略したが、観察角度30°での反射

率は 21% となり、0° 観察時の反射率の 50% 以上あり、視野角特性は十分実用範囲内であると言える。

【0196】

パルス電圧印加を行い、フォーカル・コニック状態とした場合、電圧印加直後の Y 値は 1.3 であり、一ヵ月放置後の Y 値は 1.4 であった。従って、この実験の液晶表示素子は、表示特性変化の少ないメモリ性に優れた素子である。また、フォーカルコニック状態では、約 80% という非常に高い透過率が得られた。

＜実験例 8＞

この実験では、上下基板間で液晶の螺旋軸の傾き（選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度）が異なる単層の液晶表示素子を複数積層した積層型液晶表示素子の一例（各素子において選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度が互いに異なる積層型液晶表示素子）を作製した。

・基板

基板材料 : ITO 付ポリカーボネート基板

厚み : 0.1 mm 厚

・液晶（ネマティック液晶に添加するカイラル材の量を変えて液晶組成物の選択反射のピーク波長を調整した）

赤色表示（R）素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 680 \text{ nm}$ になるように調整
セルギャップ $9 \mu\text{m}$

緑色素子（G）素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 550 \text{ nm}$ になるように調整
セルギャップ $5 \mu\text{m}$

青色素子（B）素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 480 \text{ nm}$ になるように調整
セルギャップ $5 \mu\text{m}$

なお、R、G、B の各液晶表示素子積層後の最低面（R 素子の基板底面）には黒色吸収層を配置した。

【0197】

配向制御膜は各層の液晶表示素子とも実施例 1 と同じ材料の組合せを用い、ラビングを施すことなく各素子において非観察側の螺旋軸の傾きより観察側の螺旋軸の傾きが大きくなるように配置した。液晶の螺旋軸の傾斜角度（選択反射状態

時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度)の効果はコレステリック液晶の螺旋ピッチにより異なり、螺旋ピッチが大きいほど傾斜角度は小さくなる。R、G、B各層の液晶表示素子での傾斜角度の測定値は以下のとおりである。

【0198】

R液晶表示素子：観察側 16° 、非観察側 5°

G液晶表示素子：観察側 18° 、非観察側 7°

B液晶表示素子：観察側 20° 、非観察側 8°

傾斜角度が上下基板間で同等(上下各基板とも $18^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 程度)の液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子に比較して、傾斜角度が上下基板間で異なる液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子では、各層の液晶表示素子の色純度が向上し、素子の透過率も向上するため、傾斜角度が上下基板間で異なる液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子の方が色純度は向上する。

【0199】

この実験の積層型液晶表示素子による表示画像の色度図及び3層の液晶表示素子とも両側基板の配向制御膜を同じ材料(JSR社製JALS-1024-R)で形成するとともにラビングを施さないようにした積層型液晶表示素子(比較例)による表示画像の色度図を図19に示す。図19中の実線が本実験例の液晶表示素子による表示画像の色度図であり、点線が比較例の液晶表示素子による表示画像の色度図である。図19に示すように、本実験例の積層型液晶表示素子は表現可能な色範囲が拡大していることがわかる。

<実験例9>

この実験では、積層型液晶表示素子の他の例(各素子においてラビングされた配向制御膜のラビング密度が互いに異なる積層型液晶表示素子)を作製した。

・基板

基板材料 : ITO付ポリカーボネート基板

厚み : 0.1mm厚

・液晶(ネマティック液晶に添加するカイラル材の量を変えて液晶組成物の選択反射のピーク波長を調整した)

赤色表示(R)素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 680\text{nm}$ になるように調整

セルギャップ $9 \mu\text{m}$

緑色素子 (G) 素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 550 \text{ nm}$ になるように調整

セルギャップ $5 \mu\text{m}$

青色素子 (B) 素子：選択反射ピーク波長 $\lambda = 480 \text{ nm}$ になるように調整

セルギャップ $5 \mu\text{m}$

なお、R、G、B の各液晶表示素子積層後の最低面 (R 素子の基板底面) には黒色吸収層を配置した。

・ 配向制御膜 : ポリイミド

JALS-1024-R (JSR 社製)

配向制御膜は各層の液晶表示素子とも上下基板間で同一の材料を用い、各層の液晶表示素子とも観察側の配向制御膜はラビングを行わず、非観察側の配向制御膜にラビング処理を施した。ラビング密度はラビング回数 (前記 (1) 式中の N) により制御し、R 液晶表示素子の非観察側配向制御膜については 10、G 液晶表示素子の非観察側配向制御膜については 5、B 液晶表示素子の非観察側配向制御膜については 3 とした。R、G、B 各層の液晶表示素子での傾斜角度 (選択反射状態時における液晶の螺旋軸の基板法線となす角度) の測定値は以下のとおりである。

【0200】

R 液晶表示素子：観察側 16° 、非観察側 3°

G 液晶表示素子：観察側 18° 、非観察側 4°

B 液晶表示素子：観察側 20° 、非観察側 6°

傾斜角度が上下基板間で同等 (上下各基板とも $18 \sim 20^\circ$ 程度) の液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子に比較して、傾斜角度が上下基板間で異なる液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子では、各層の液晶表示素子の色純度が向上し、素子の透過率も向上するため、傾斜角度が上下基板間で異なる液晶表示素子を積層した積層型液晶表示素子の方が色純度は向上する。

【0201】

この実験の積層型液晶表示素子による表示画像の色度図を図 20 に示す。図 20 に示すように、図 19 の場合と同様、本実験例の積層型液晶表示素子は表現可

能な色範囲が拡大していることがわかる。

【0202】

次に、フォーカルコニック状態での液晶分子の螺旋軸の方向を基板面と略平行な面内で規則的に配列させるために、配向規制力の異なる領域を設けた液晶光変調素子について実験を行ったので、それについて以下に説明する。

<実験例10>

本実験例では、配向制御膜にラビング処理を施す。

【0203】

I T O 付ガラス基板（セントラルガラス社製）を2枚使用し、各基板のI T O をフォトリソ法によって帯状にパターンニングした（電極幅300 μ m、ピッチ350 μ m）。

【0204】

次に、両基板のI T O 形成面に、それぞれ絶縁性材料を塗布し焼成することにより絶縁膜を形成した。そして、フレキソ印刷によってポリイミド材料（J S R 社製A L - 8 0 4 4）を塗布し、80℃で2分間仮焼成した。さらに、160℃で60分間、焼成することにより配向制御膜を形成した。

【0205】

次に、一方の基板の配向制御膜形成面にポジ型レジスト（東京応化社製O F P R - 8 0 0）を配向制御膜上にスピンコートし、クリーンオープンを用いて、80℃で15分間プリベイクした。

【0206】

そして、帯状の開口部（幅4 μ m）がピッチ10 μ mで形成されたフォトマスクを使用し、紫外線露光装置を用いて、30 m J / c m² 露光した。次に、現像液（トクヤマ社製S D - 1）を用いて現像し、超純水流水を用いてリンスすることにより不要部分を除去した。その後、120℃で15分間ポストベイクした。こうして、次のラビング処理に対するマスク層を形成した。

【0207】

次に、マスク層の形成された基板に対してラビング処理を行った。ラビング処理は、毛先押し込み長さ0.4 mm、ロール半径75 mmの植毛ロールを用いて

、ロール回転数 9 0 0 r p m、基板移動速度 3 0 m m / 秒の条件で、マスク層の上から 2 回ラビングすることで行った。ラビング密度は約 4 7 0 であり、螺旋軸傾き（平均）は約 5 ° であった。

【 0 2 0 8 】

ラビング処理後、イソプロピルアルコール（I P A）を用いて 2 分間レジスト剥離を行ってマスク層を除去した。そして、ラビング処理された基板上に 5 μ m のスペーサ（積水化学社製ミクロパール S P 2 0 5 0 μ m）を散布し、他方の基板に液晶注入口を残してシール剤（三井化学社製 X N 2 1 S）を形成した上で両基板を貼り合せ、空セルを作製した。

【 0 2 0 9 】

液晶組成物としては、メルク社製ネマティック液晶 E - 3 1 L V に、メルク社製カイラル剤 S - 8 1 1 を 2 4 . 5 w t % 添加して、選択反射のピーク波長が $\lambda = 5 5 0$ n m に調整されたカイラルネマティック液晶を用いた。液晶組成物の螺旋ピッチは約 3 4 3 n m であった。そして、この液晶組成物を真空注入法によりセルに注入した。最後に液晶注入口を封止剤で封止して液晶光変調素子とした。

【 0 2 1 0 】

こうして得られた液晶光変調素子に電圧を印加しフォーカルコニック状態にした後、素子の特性評価を行った。評価は分光光度計（日立）を用い、積分球から離して透過率を測定することによって行った。その結果、素子の透過率は約 8 0 % であった。比較のため、ラビングを施さない以外は実験例 1 0 と同様の手順で液晶表示素子を作製したところ、該素子のフォーカルコニック状態での透過率は約 6 2 % であった。

【 0 2 1 1 】

ラビング処理部の幅や配列ピッチを種々変更してその影響を調べたところ、これらの値が大きすぎたり小さすぎて先に説明した範囲（すなわち配向規制力が異なる領域の幅を W、液晶の螺旋ピッチを p としたとき $p < W < 2 0 p$ 、配向規制力が異なる領域の配列ピッチを L、液晶の螺旋ピッチを p としたとき、 $5 p < L < 1 0 0 p$ ）を越えると透過率が低下する傾向が見られた。

【 0 2 1 2 】

また、ラビング処理部の配列ピッチを一様なものとランダムなものに変化させてその影響を調べたところ、透過率は同等の値を示したが、配列ピッチが一様なものでは、特定の角度で回折光が観察され、視認性が低下しやすくなる傾向が見られた。

【0213】

さらに、ラビング処理部の配列方向と画素配列方向とを種々変更してその影響を調べたところ、透過率はいずれも同等の値を示したが、両者の方向が揃っている場合は、モアレにより表示品位が悪化しやすくなる傾向が見られた。

【0214】

ラビング処理部の形状を直線状のものとくの字状にしたものに変化させてその影響を調べたところ、いずれの場合も透過率は同等であったが、ラビング処理部の形状が直線状である場合は、ラビング処理部の配列方向と同一方向から観察した場合と垂直方向から観察した場合とで視認性が異なりやすくなる傾向が見られた。

【0215】

なお、ラビング処理を行わないものと比較すると、メモリ特性には大きな変化は見受けられず、一方、視野角特性は50%以上が確保され、正面反射率は増大することが確認された。

<実験例11>

本実験例では、配向制御膜に光配向処理を施す。

【0216】

ITO付ガラス基板（セントラルガラス社製）を2枚使用し、各基板のITOをフォトリソ法によって帯状にパターニングした（電極幅300 μ m、ピッチ350 μ m）。

【0217】

次に、両基板のITO形成面に、それぞれポリシラザン溶液L120（東燃社製）を用い、スピンコート法により両基板の電極面に厚さ1000Åの薄膜を形成し、120℃の恒温槽中で2時間加熱し、さらに、90℃、湿度85%の恒温恒湿槽中で3時間加熱することにより絶縁膜を形成した。そして、ポリイミド材

料（日立化成社製TT-054）を、3000rpm、30秒間の条件でスピコートし、100℃で1分間仮焼成した。さらに、230℃で30分間焼成することにより、配向制御膜を形成した。

【0218】

そして、一方の基板の配向制御膜に対して、実験例10と同様の開口部が形成されたフォトマスクと偏光板とを介して、紫外線照射装置により 5 J/cm^2 で照射角度15度として光照射を行い、部分的に光配向処理を行った。螺旋軸傾き（平均）は約7°であった。

【0219】

その後、実験例10と同様の手順で、スペーサ散布、シール剤形成、基板貼り合せ、液晶注入を行い、液晶光変調素子を作製した。

【0220】

得られた液晶光変調素子に電圧を印加しフォーカルコニック状態にした後、実験例10と同様にして測定を行ったところ、透過率は約80%であった。

【0221】

光配向処理部の幅や配列ピッチが大きすぎたり小さすぎて先に説明した範囲を越えると透過率が低下する傾向にある点、光配向処理部の配列ピッチを素子内で一様とすると透過率は同等であるが回折光による影響で視認性が低下しやすくなる傾向にある点、光配向処理部の配列方向を画素配列方向と同一とした場合に透過率は同等であるが、モアレの影響で表示品位が悪化しやすくなる傾向にある点、光配向処理部の配列を一直線とした場合に透過率は同等であるが、配列と同一方向から観察した場合と垂直方向から観察した場合とで視認性が異なりやすくなる点は、実験例10と同様であった。

【0222】

なお、光配向処理を行わないものと比較すると、メモリ特性には大きな変化は見受けられず、一方、視野角特性は50%以上が確保され、正面反射率が増大することが確認された。

【0223】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によると、一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子を提供することができる。

【0224】

また本発明によると、それぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶表示素子であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる積層型液晶光変調素子を提供することができる。

【0225】

また本発明によると、一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子の製造方法であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子を得ることができる液晶光変調素子の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る液晶光変調素子の1例の概略断面図である。

【図2】

図1に示す液晶光変調素子の画素パターンの概略平面図である。

【図3】

図(A)は図1に示す液晶光変調素子の選択反射状態時における液晶層の、両基板に臨む基板近傍のうち少なくとも一方の基板近傍の画素領域における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態を示す図であり、図(B)は図1に示す液晶光変調素子の選択反射状態時における液晶層の両基板に臨む基板近傍の画素領域における各液晶ドメインがいずれもポリドメイン構造をとり、両基板近傍の画素領域における各液晶ドメインで液晶のコレステリック螺旋軸の基板法線となす角度が異なる状態を示す図である。

【図4】

図1に示す液晶光変調素子において、配列規制手段の一例であるリブ構造の突

起状構造物が形成されている状態を示す図である。

【図 5】

リブ構造の突起状構造物が形成されている液晶光変調素子において、等電位線が該突起状構造物近傍で歪を生じる状態を示す図である。

【図 6】

リブ構造の突起状構造物が形成されている液晶光変調素子において、電界方向が部分的に特定方向に傾斜する状態を示す図である。

【図 7】

基板に略平行な面内において、液晶の螺旋軸が規則的に揃った状態を示す図である。

【図 8】

図 7 に示す状態において、液晶光変調素子を上から見たときの状態を示す図である。

【図 9】

図 1 に示す液晶光変調素子において、電極に配列規制手段の他の例である溝（スリット）が形成されている状態を示す図である。

【図 1 0】

電極にスリットが形成されている液晶光変調素子において、スリット近傍で等電位線に歪みを生じる状態を示す図である。

【図 1 1】

図 1 に示す液晶光変調素子において、部分的に処理された領域を配向制御層（配向膜）上に設けた例を示す図である。

【図 1 2】

本発明に係る液晶光変調素子の製造工程の一部の一例を示す図であり、図（A）は電極がパターン形成された基板の電極面に絶縁膜を形成する工程、図（B）は絶縁膜上に配向膜を形成する工程、図（C）は光源にてマスクの開口部を介して配向膜を露光する工程、図（C'）は配向膜上にレジスト膜を形成し、レジスト膜をパターニングし、さらにレジスト膜の開口部を介して配向膜をラビング処理する工程、図（D）はレジスト膜を除去し、部分的に処理された領域を得る工

程を示す図である。

【図 1 3】

青色表示を行う液晶光変調素子、緑色表示を行う液晶光変調素子、赤色表示を行う液晶光変調素子の三つの液晶光変調素子をこの順に積層した積層型液晶光変調素子の概略断面図である。

【図 1 4】

図 1 3 の積層型液晶光変調素子について、隣り合う液晶表示素子において、その両者間の基板を共通にした状態を示す図である。

【図 1 5】

実験例 1 で得られた液晶光変調素子の視野角特性を示す図である。

【図 1 6】

実験例 2 及び比較実験例 1 で得られた液晶光変調素子の視野角特性を示す図である。

【図 1 7】

比較実験例 2 で得られた液晶光変調素子の視野角特性を示す図である。

【図 1 8】

実験例 3 及び実験例 2 で得られた液晶光変調素子の視野角特性を示す図である。

【図 1 9】

実験例 8 で得られた液晶表示素子による表示画像の色度図及び 3 層の液晶表示素子とも両側基板の配向制御膜をノンラビングとした液晶表示素子（比較例）による表示画像の色度図である。

【図 2 0】

実験例 9 で得られた液晶表示素子による表示画像の色度図である。

【図 2 1】

従来の液晶素子における、フォーカルコニック状態の各液晶ドメインの螺旋軸の方向を示す模式図である。

【符号の説明】

1、2 一対の基板

- 1 a 両基板 1 に臨む基板近傍
- 2 a 両基板 2 に臨む基板近傍
- 3 光吸収層
- 4 樹脂構造物
- 5 スペース
- 6、6 b、6 g、6 r 液晶組成物
- 7 絶縁膜
- 1 0、1 0 b、1 0 g、1 0 r 液晶層
- 1 1、1 2 透明電極
- 1 3 リブ構造の突起状構造物
- 1 5 スリット
- 1 6 部分的に処理された領域
- 2 6 等電位線
- 4 0 レジスト膜
- 4 1 レジスト膜 4 0 の開口部
- 6 0 液晶分子
- 6 1、6 2 コレステリック螺旋軸
- 6 4 ラビング処理
- 7 0 光源
- 7 2 マスク
- 7 3 開口部
- 8 1、8 2 配向制御層
- B、G、R 液晶表示素子
- E 電界方向
- F 螺旋軸の方向
- H 基板法線
- M モノドメイン
- P 素子観察側
- S シール材

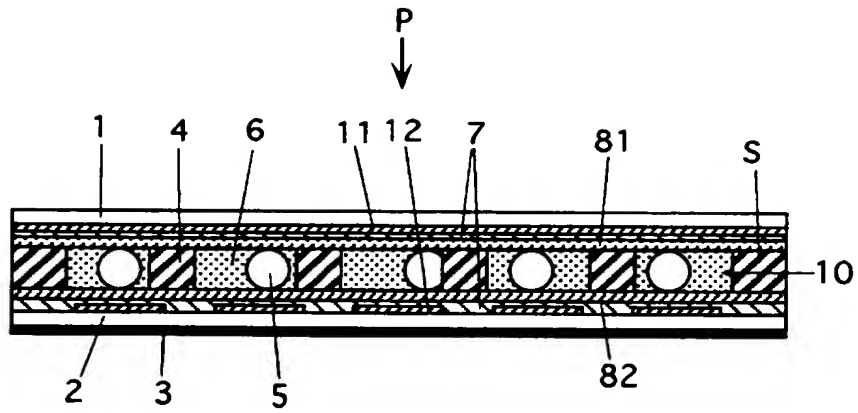
X 画素領域

$\theta 1$ コレステリック螺旋軸 6 1 の基板法線 H となす角度

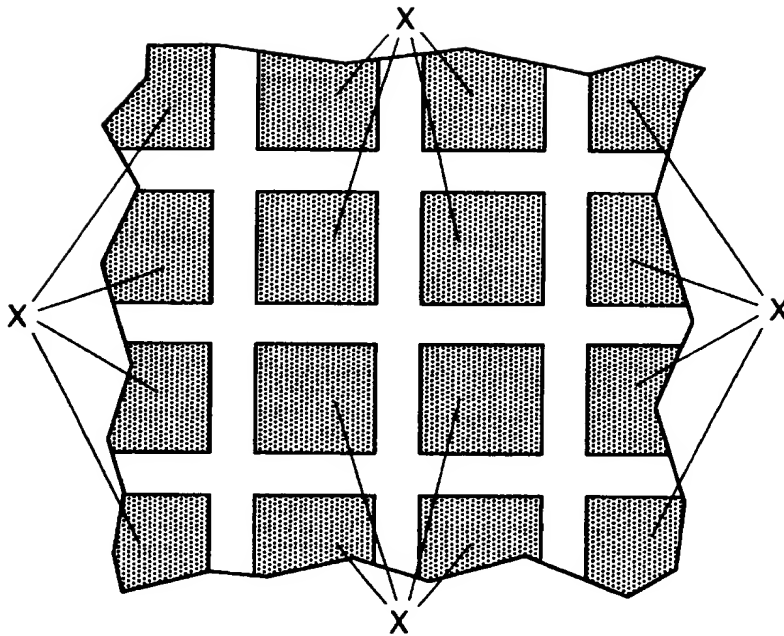
$\theta 2$ コレステリック螺旋軸 6 2 の基板法線 H となす角度

【書類名】 図面

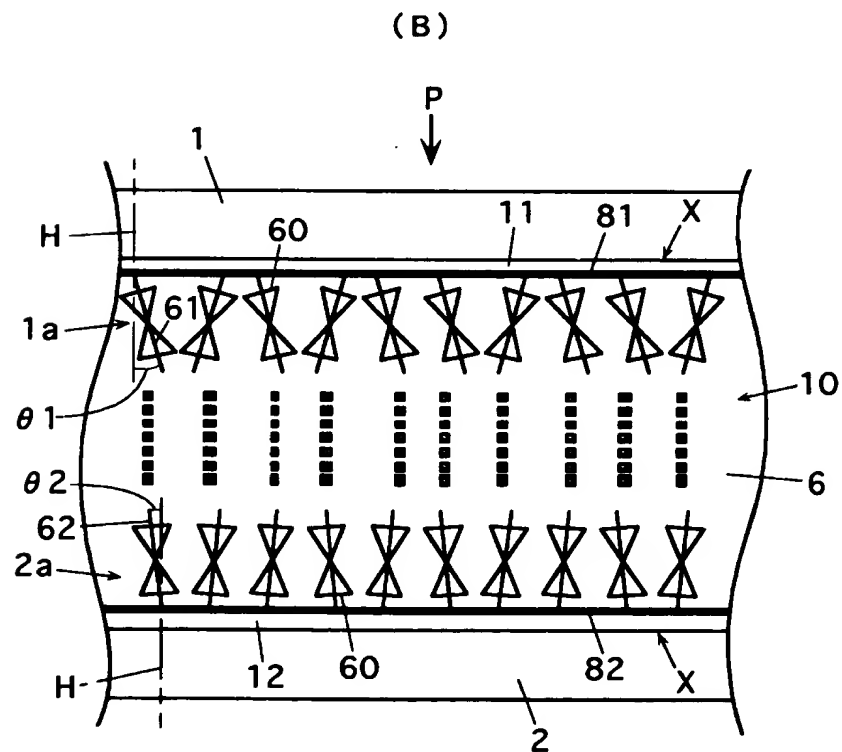
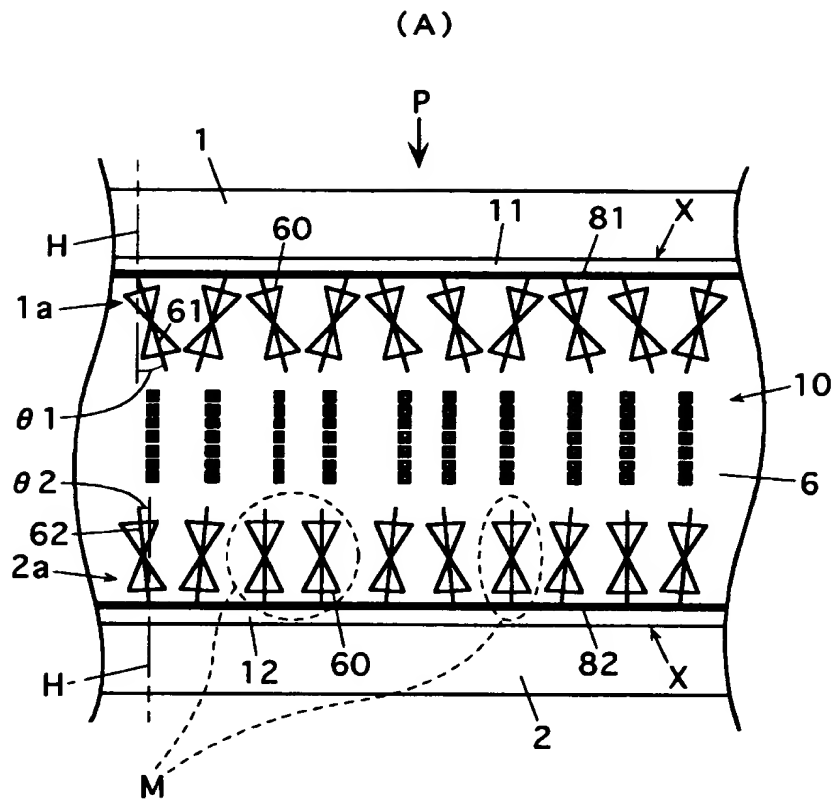
【図 1】



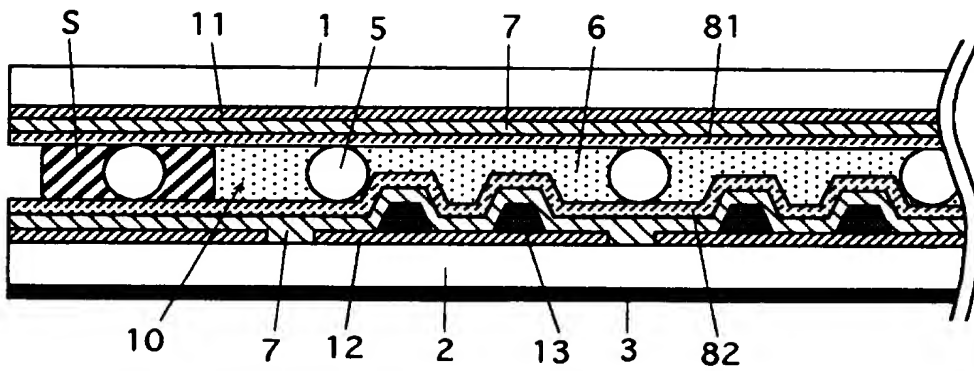
【図 2】



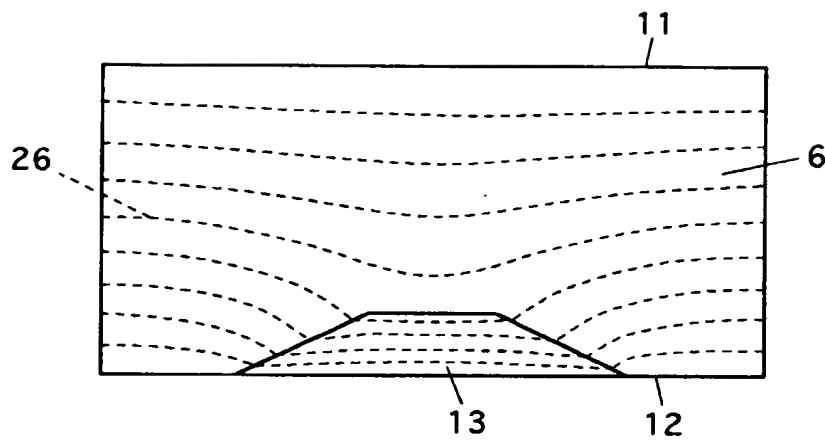
【図 3】



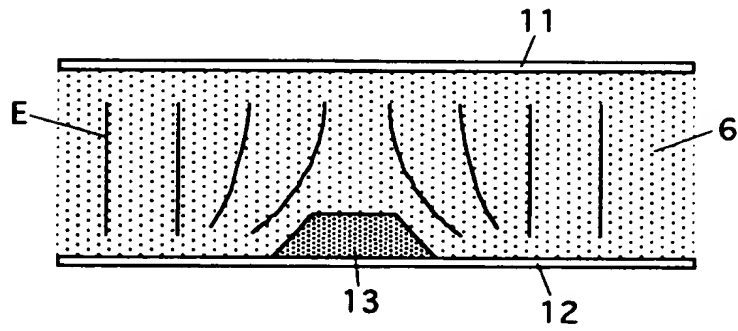
【図 4】



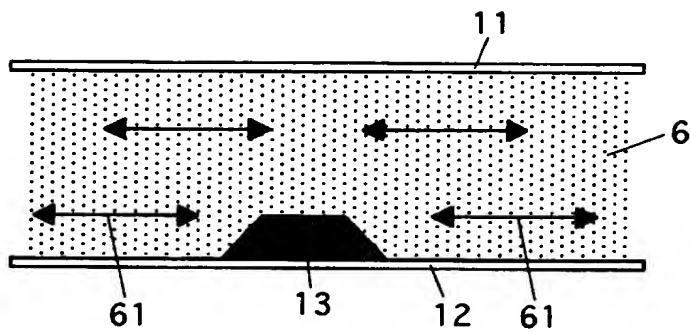
【図 5】



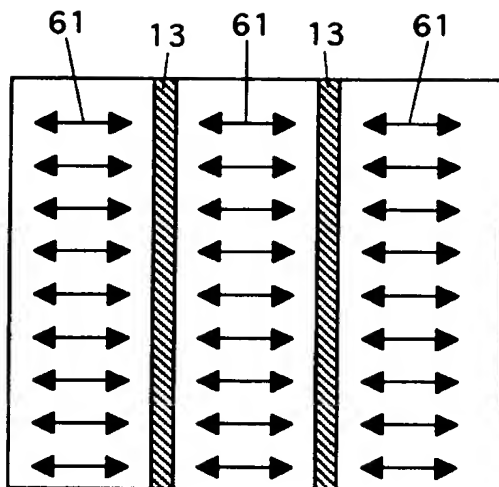
【図 6】



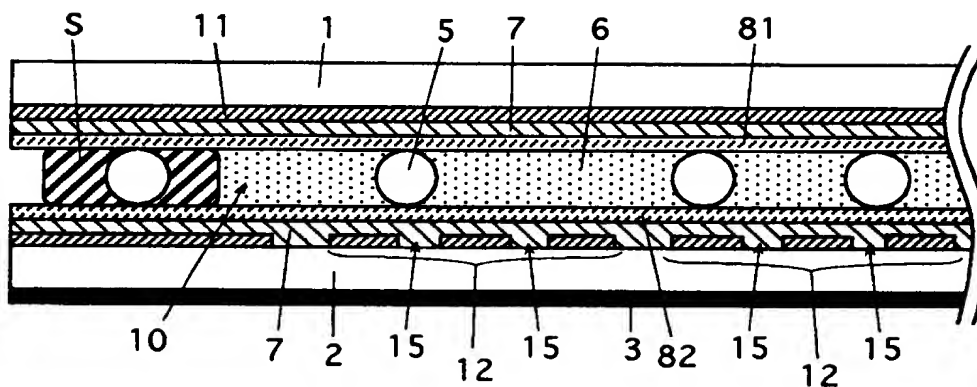
【図 7】



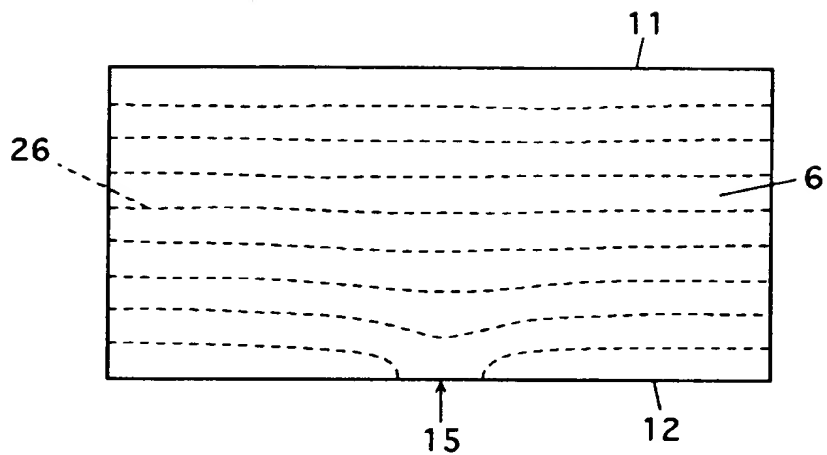
【図 8】



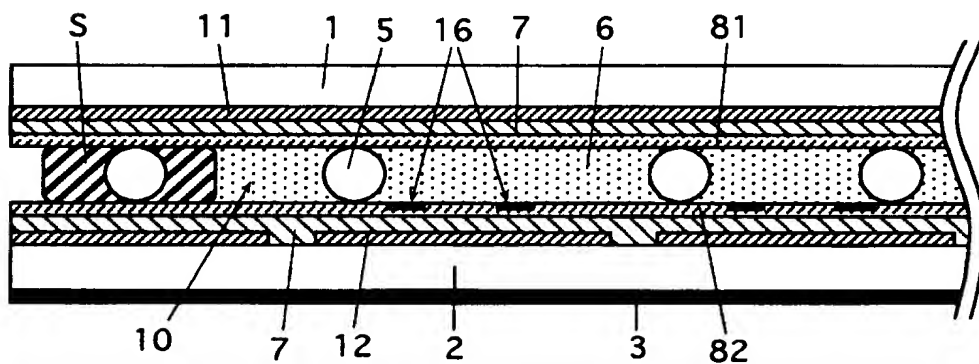
【図 9】



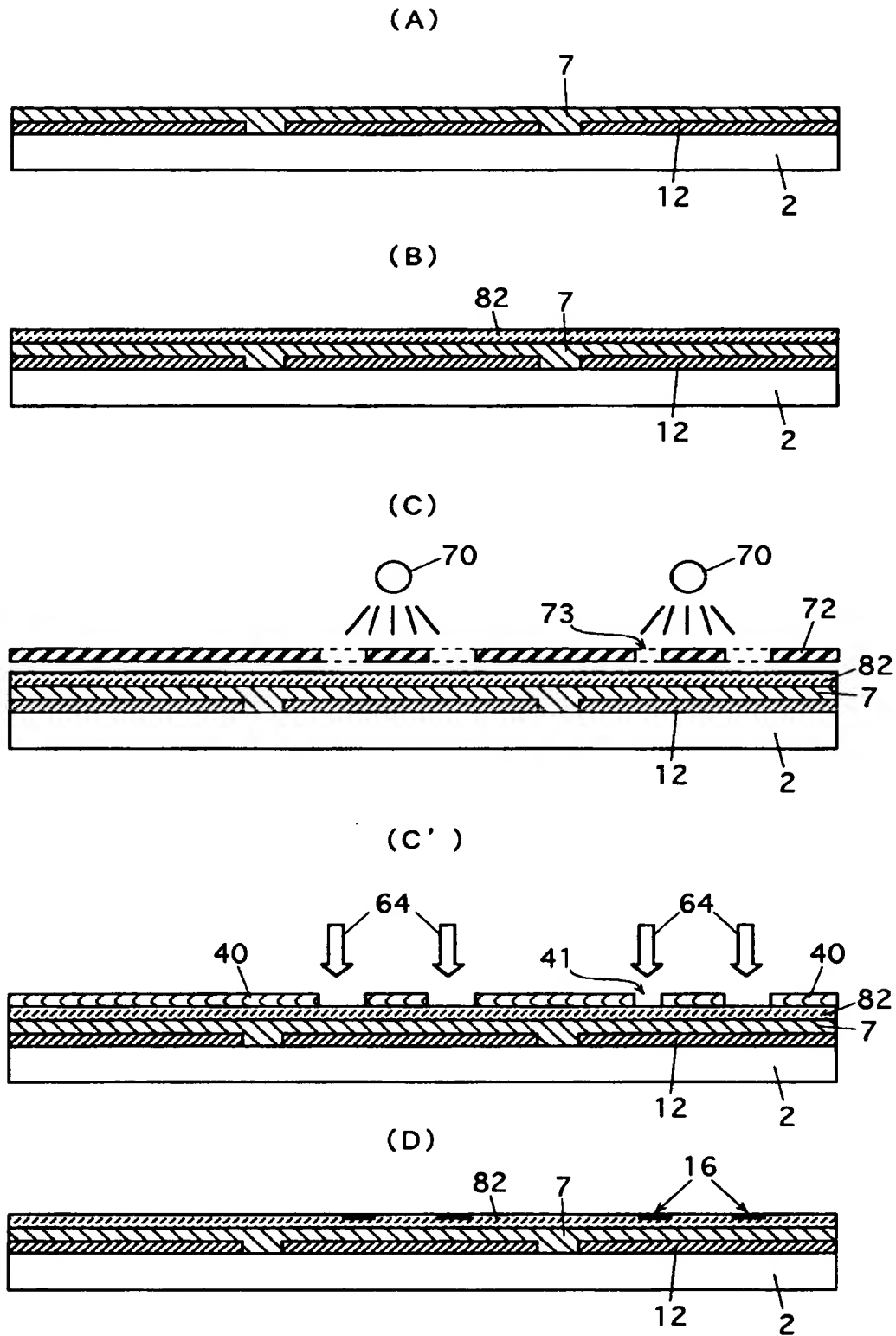
【図 1 0】



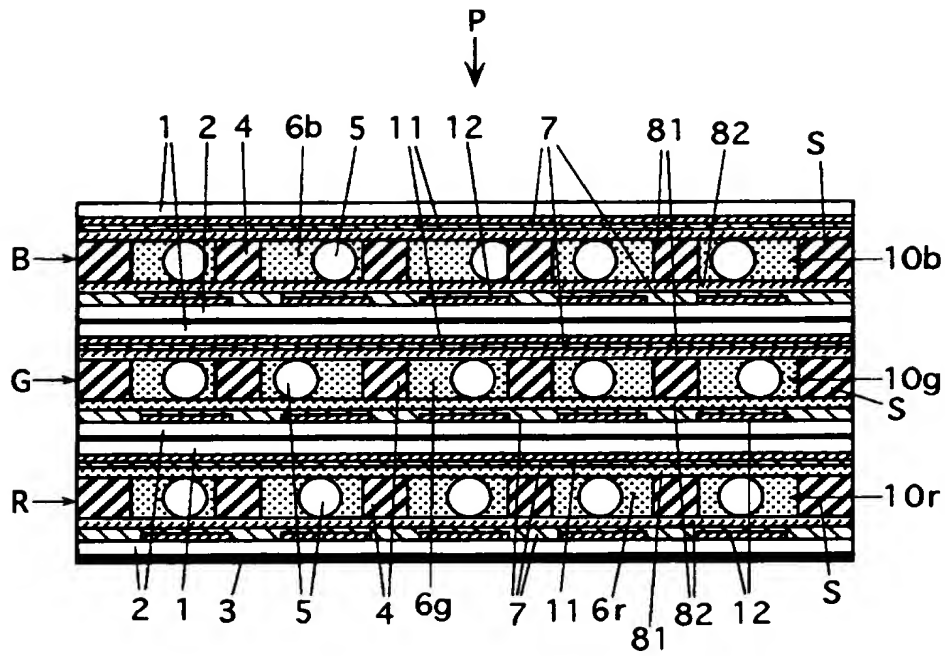
【図 1 1】



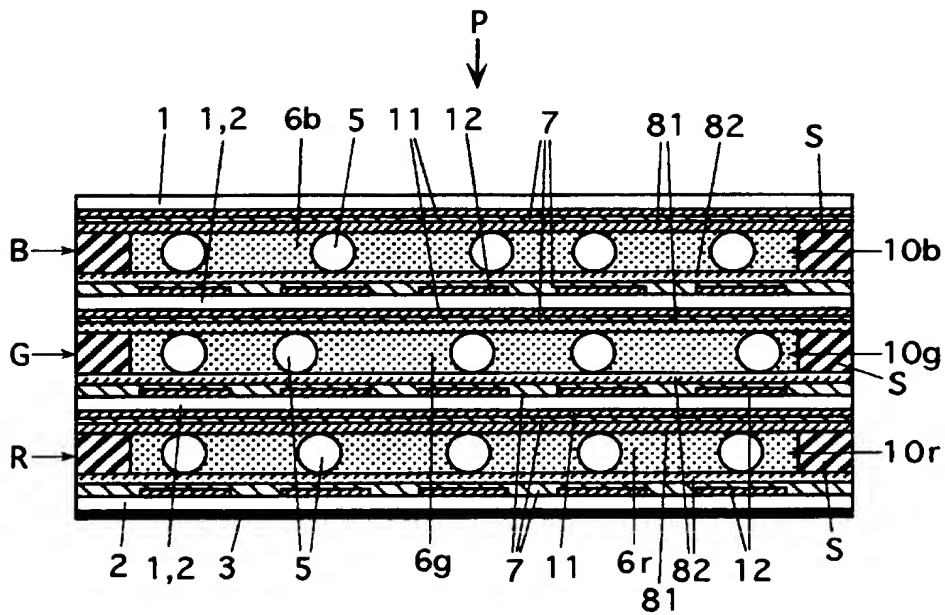
【図 12】



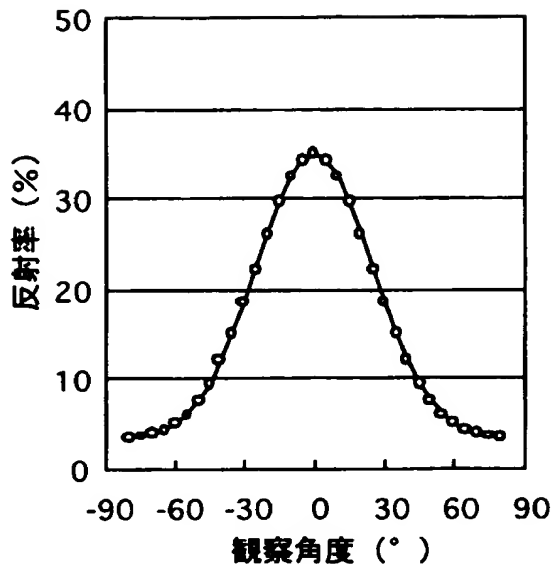
【図13】



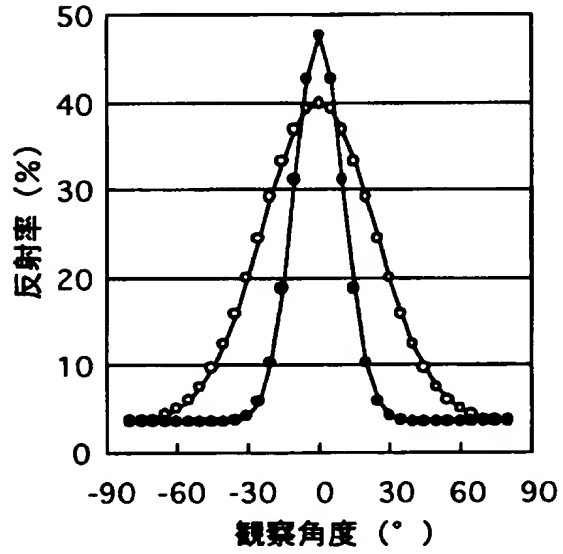
【図14】



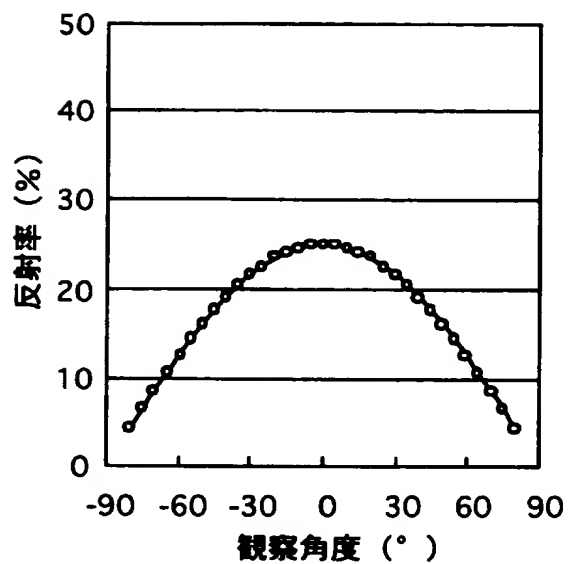
【図 1 5】



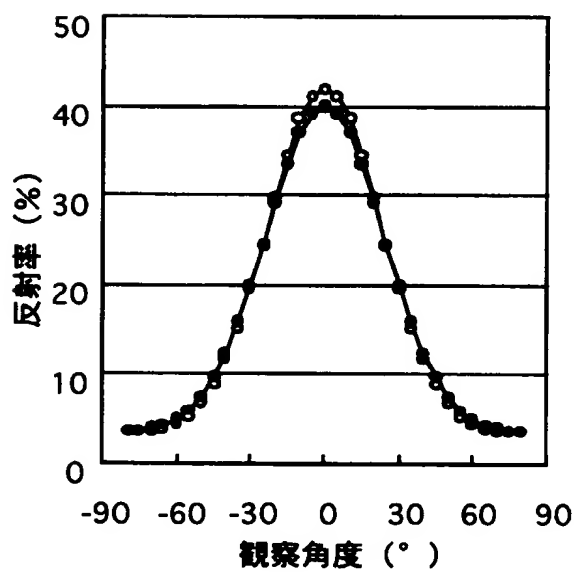
【図 1 6】



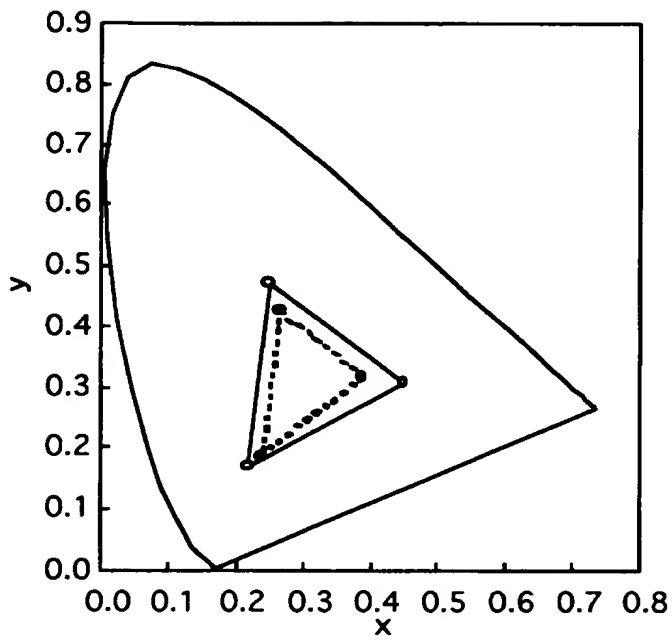
【図 1 7】



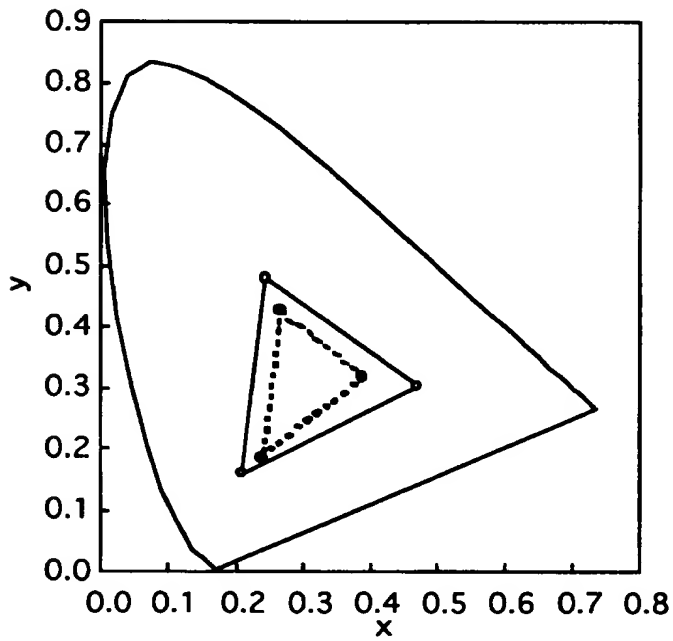
【図 1 8】



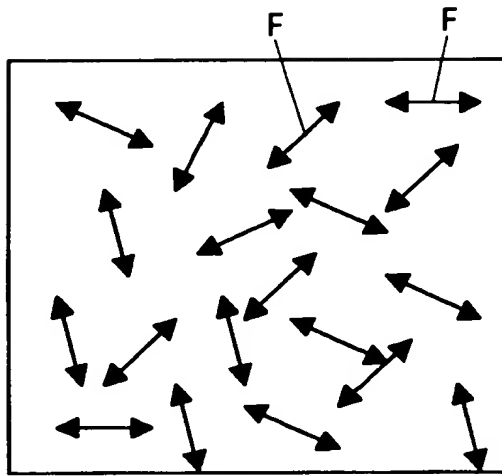
【図 19】



【図 20】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一对の基板間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料を含む液晶層を挟持した液晶光変調素子及びそれぞれが一对の基板間に挟持された液晶層が複数積層されてなる積層型液晶光変調素子であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子及び積層型液晶光変調素子を提供する。また、かかる液晶光変調素子の製造方法であって、明るく、コントラスト及び色純度が良好、且つ、双安定性に優れる液晶光変調素子を得る。

【解決手段】 一对の基板 1、2 間に室温でコレステリック相を示し、且つ、可視波長域に選択反射波長のピークを有する液晶材料 6 を含む液晶層 10 を挟持した液晶光変調素子において、選択反射状態時における液晶層 10 の、両基板 1、2 に臨む基板近傍 1 a、2 a のうち少なくとも一方の基板近傍 2 a の画素領域 X における液晶ドメインがポリドメインとモノドメインの混在状態である。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名 ミノルタ株式会社